LA THỊ CHÍCH - HOÀNG TRỌNG MAI

KHOÁNG VẬT HỌC



NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP. HỒ CHÍ MINH

ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

La Thị Chích - Hoàng Trọng Mai

KHOÁNG VẬT HỌC

(Tái bản lần thứ 3, có sửa chữa và bổ sung)

NHÀ XUẤT BẢN ĐẠI HỌC QUỐC GIA
THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH - 2011

MỤC LỤC

LỜI NÓI ĐẦU

KHOÁNG VẬT HỌC được biên soạn làm tài liệu học tập cho sinh viên Khoa Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TPHCM. Cuốn sách này cũng có thể giúp ích sinh viên các trường đại học và cao đẳng có môn học liên quan đến lĩnh vực nghiên cứu thành phần vật chất của vỏ Trái Đất, có thể là tài liệu tham khảo cho cán bộ kỹ thuật, công nghệ muốn đi sâu tìm hiểu về khoáng vật - "tế bào" cấu tạo nên tất cả các loại đất đá trên hành tinh của chúng ta.

Cuốn sách KHOÁNG VẬT HỌC này là tái bản có bổ sung lần xuất bản vào năm 1970 do Nhà xuất bản Đại học và Trung học chuyên nghiệp ấn hành, và lần xuất bản thứ hai năm 2001 do Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh ấn hành.

Nội dung giáo trình gồm có 4 phần:

Phần thứ nhất

***Cơ sở tinh thể học** nêu lên cơ sở hình học và các yếu tố đối xứng để xác lập tinh hệ của một khoáng vật.*

Phần thứ hai

***Khoáng vật học đại cương** gồm những nguyên lý chung về sự thành tạo khoáng vật, bản chất các tính chất hóa học, vật lý khoáng vật và các quá trình địa chất tạo khoáng.*

Phần thứ ba

***Mô tả khoáng vật** trình bày có hệ thống các khoáng vật theo đặc điểm hóa học tinh thể, tính chất vật lý, nguồn gốc khoáng sàng, đặc điểm nhận biết, các khoáng sàng chính của Việt Nam và trên thế giới, công dụng của khoáng vật.*

Phần thứ tư

***Cộng sinh** khoáng vật nêu tóm tắt các tổ hợp cộng sinh khoáng vật quan trọng nhất trong đá và trong các khoáng sàng thuộc các quá trình địa chất tạo khoáng khác nhau.*

Trong từng phần chúng tôi cố gắng làm rõ mối quan hệ hữu cơ giữa thành phần hóa học, kiến trúc tinh thể và các tính chất của khoáng vật, đồng thời nhấn mạnh đặc điểm nguồn gốc, quy luật phát sinh, phát triển và biến đổi của chúng, để dự báo các tiền đề phát hiện, tìm kiếm khoáng sản.

Cuối mỗi chương chúng tôi có nêu lên một số câu hỏi hướng dẫn ôn tập để bạn đọc tự hệ thống hóa nội dung và nâng cao năng lực tư duy độc lập của mình.

Các phụ lục và bảng tra cứu giúp cho các bạn tìm nhanh những vấn đề gặp phải trong quá trình học tập và nghiên cứu.

Lần tái bản thứ ba này, chúng tôi đã tham khảo nhiều sách, tạp chí, công trình của các tác giả được đăng tải trong và ngoài nước. Do trình độ và khả năng có hạn nên cuốn sách này không thể tránh khỏi khiếm khuyết về nội dung và trình bày. Chúng tôi mong nhận được nhiều ý kiến đóng góp của quý độc giả để lần tái bản tới cuốn sách sẽ được hoàn thiện hơn. Xin chân thành cảm ơn.

Địa chỉ liên hệ: Bộ môn Địa chất và Dầu khí, Khoa Kỹ thuật Địa chất và Dầu khí, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia TPHCM, 268 Lý Thường Kiệt Q.10. ĐT: (08) 8654086

CÁC TÁC GIẢ

MỞ ĐẦU

0.1 KHOÁNG VẬT HỌC VÀ KHÁI NIỆM VỀ KHOÁNG VẬT

Khoáng vật học là khoa học cơ sở của Địa chất học; nó nghiên cứu thành phần vật chất của vỏ Trái Đất và lịch sử vận động của các thành phần vật chất đó. Khoáng vật học nghiên cứu một cách sâu sắc và toàn diện các khoáng vật. Danh từ "khoáng vật" trong thời kỳ cổ đại dùng để gọi một mẫu đá hay một mẫu quặng, danh từ đó xuất hiện cùng với nghề khai mỏ. Ở Trung Quốc thời xưa, chữ "khoáng" được ký hiệu "⊣⊢" tượng trưng cho các bậc thang, là phương tiện được dùng phổ biến trong việc khai mỏ thời đó. Ở phương Tây, danh từ khoáng vật bắt nguồn từ chữ la tinh "minera" dùng để chỉ một mẫu quặng khai thác từ các mỏ ra. Nói chung những khái niệm trên đều mang tính chất lịch sử, sơ khai và phiến diện.

Do kết quả của sự phát triển sản xuất và khoa học kỹ thuật, danh từ "khoáng vật" ngày càng được bổ sung một cách chính xác hơn. Như vậy khoáng vật là gì? *Khoáng vật là sản phẩm tự nhiên của các quá trình hóa lý và các tác dụng địa chất xẩy ra trong vỏ Trái Đất, có thành phần tương đối đồng nhất và những tính chất hóa học, vật lý nhất định.* Những hợp chất điều chế được trong phòng thí nghiệm hoặc trong các nhà máy nhưng không có trong thiên nhiên thì không thể xem là khoáng vật. *Khoáng vật học nghiên cứu khoáng vật trong mối tương quan giữa thành phần hóa học, kiến trúc tinh thể, tính chất, điều kiện sinh thành và ứng dụng trong thực tiễn của chúng.*

0.2 CÁC GIAI ĐOẠN QUAN TRỌNG TRONG LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN KHOÁNG VẬT HỌC THẾ GIỚI

Giai đoạn sơ khai

Loài người chú ý tới khoáng vật và sử dụng nó từ lâu. Người nguyên thủy đã biết dùng đá silit (SiO_2) để chế ra các công cụ lao động và vũ khí tự vệ, hình thành một thời đại văn hóa lâu dài trong lịch sử là thời kỳ đồ đá. Song song với những hoạt động về lao động sản xuất ngày càng cao của loài người, những tri thức về khoáng vật học cũng không ngừng nẩy nở. Con người dần dần biết sử dụng đồng, sắt, vàng, bạc và tìm cách khai thác các quặng giàu kim loại nói trên. Theo các tài liệu khảo cổ, những dân tộc có nền văn minh sớm nhất, biết khai thác quặng để nấu thành kim loại hữu ích là Trung Quốc, Babilon, Ai Cập, Hy Lạp.

Thế kỷ thứ 9 trước công nguyên, người Trung Quốc đã phát triển ra lưu hoàng. Tác phẩm "Sơn hải kinh" đã tổng kết các tri thức về khoáng vật cổ đại Trung Quốc từ thế kỷ 21 trước công nguyên trở về sau (tức là từ đầu nhà Hạ đến thế kỷ thứ V trước công nguyên). Đó là công trình nghiên cứu đầu tiên về khoa

học tự nhiên của thời kỳ nguyên thủy Trung Quốc. Trong tác phẩm đó mô tả tính chất của trên 80 loại khoáng vật và phân loại thành 4 nhóm: Thạch (đá), Thổ (đất), Ngọc, Kim (kim loại).

Ở Tây Âu, nhà bác học và triết học Hy Lạp nổi tiếng Aristot (384 – 322 trước công nguyên) và học trò của ông là Teofrat (371 – 288 trước công nguyên) đã viết luận văn chuyên khảo về các loại đá và khoáng vật.

Bước vào thời đầu Trung cổ, các dân tộc vùng Trung Á cũng đã đi sâu vào lĩnh vực nghiên cứa khoáng vật một cách tự giác và có hệ thống. Nhà bác học Udơbekixtan là Biruni đã dùng các hằng số vật lý để xác định và mô tả khoáng vật.

Giai đoạn đầu của sự phát triển khoáng vật

Từ nửa cuối thế kỷ 15, tức là bắt đầu thời kỳ văn hóa Phục hưng, nhất là từ thế kỷ 18, 19, do phương thức sản xuất tư bản chủ nghĩa hình thành, tư tưởng con người được giải phóng khỏi những trói buộc của tôn giáo, nhà thờ, đêm trường trung cổ đã chấm dứt và những gông cùm của chế độ nô lệ bị đập tan. Những cản trở của chế độ phong kiến dần dần bị quét sạch, sức sản xuất phát triển nhanh chóng, phi thường. Các khoa học tự nhiên cũng trên đà phát triển mạnh mẽ. Lúc đó do nhu cầu về khai thác và sử dụng các loại mỏ quặng tăng lên gấp bội, thúc đẩy việc nghiên cứu khoáng vật. Từ đây khoáng vật tách thành một khoa học độc lập. Trong giai đoạn này người ta thấy nổi bật có nhà bác học Tiệp Khắc Agricola (1490 – 1555) với tác phẩm nghiên cứu điều kiện sinh thành và phân loại khoáng vật. Nhà bác học thiên tài Lomonoxov (1711 – 1765) với các tác phẩm "Về các lớp đất" "Về sự hình thành kim loại" đã nêu lên quy luật phân bố quặng có tác dụng lớn trong việc chỉ đạo tìm kiếm quặng.

Thế kỷ 19 có Xevecghin và Xokolov là những người kế thừa và tiếp tục sự nghiệp của Lomonoxov. Năm 1895 tia Rơngen được phát hiện cho phép đi sâu vào kiến trúc bên trong của khoáng vật, khám phá nhiều tính chất quan trọng của chúng.

Giai đoạn hiện tại

Cuối thế kỷ 19, đầu thế kỷ 21, trong khoáng vật học hiện đại phát triển hai khuynh hướng mới là *hoá học tinh thể* và *khoáng vật học nguồn gốc* làm cho khoáng vật học từ chỗ là một khoa học thực nghiệm trở thành một khoa học mang tính chất lý luận cơ bản. Các khoa học tự nhiên như toán học, vật lý, hóa học đã thâm nhập vào khoáng vật học một cách phổ biến. Nhà bác học Nga Feđorov đã dùng toán học phân tích hình thái khoáng vật và đề ra lý thuyết đối xứng tinh thể, đã sáng tạo ra thuyết kiến trúc tinh thể, phát minh ra bàn kính vạn năng Feđorov. Tia X do Rơngen phát hiện và được sử dụng không những chứng minh thuyết kiến trúc của Fedorov là đúng đắn mà còn tạo khả năng to lớn đi sâu vào bản chất bên trong các khoáng vật tìm ra nhiều hình thái kiến trúc mới, đồng thời giúp cho việc phân loại khoáng vật chính xác hơn. Phát minh của Menđeleev về quy luật tuần hoàn của các nguyên tố đã đóng vai trò quan trọng trong khoáng vật học.

Những lý luận mới, khái niệm mới, phương tiện kỹ thuật mới, phương pháp nghiên cứu mới không ngừng phát triển làm cho khoáng vật học bước vào giai đoạn nghiên cứu tổng hợp và toàn diện các khoáng vật.

0.3 LỊCH SỬ PHÁT TRIỂN KHOÁNG VẬT HỌC Ở NƯỚC TA

Dân tộc ta có một nền văn hóa lâu đời. Trống đồng Ngọc Lũ, thạp đồng Đào Thịnh, những đồ đồng khác phát hiện ở Đông Sơn ... chứng tỏ tổ tiên ta đã sớm biết sử dụng đồ đồng, tạo nên một nền văn hóa rực rỡ dưới thời các vua Hùng.

Gần đây trong một số di chỉ phát hiện ở tỉnh Vĩnh Phú (Gò Bông, Xóm Rền, Đồng Vồng ...) thấy nhiều vết tích của xỉ đồng, cục đồng. Từ đó nhiều nhà khảo cổ Việt Nam cho rằng nghề khai thác và chế luyện đồng (đồng thau) ở nước ta đã xuất hiện cách đây tới 3500 – 4000 năm.

Trong thời kỳ phong kiến, các sách còn ghi lại tình hình khai thác các mỏ kim loại quí như vàng, bạc, các kim loại khác như đồng, chì, kẽm, thiếc, sắt, ... lên đến hàng trăm mỏ với 15 loại khoáng sản. Các địa phương có công nghiệp khai thác mỏ mạnh nhất là Thái Nguyên, Tuyên Quang, Lạng Sơn, Hưng Hoá.

Sau khi đế quốc Pháp xâm lược nước ta, chúng ra sức bóc lột vơ vét triệt để các tài nguyên nước ta. Từ năm 1894 chúng đã tiến hành nghiên cứu địa chất và tìm ra một số mỏ. Đồng thời, chúng thành lập những công ty khai thác để bóc lột nhân công, vơ vét tài nguyên. Ví dụ các công ty than ở Hòn Gai; chì, kẽm Chợ Điền, apatít Lào Cai v.v ... Năm 1898 Toàn quyền Đông Dương Paul Doumer đã lập Sở Địa chất Đông Dương nhằm quản lý khai thác tài nguyên khoáng sản và nghiên cứu địa chất một cách hệ thống. Tính đến nửa đầu thế kỷ 20 thực dân Pháp đã khai thác ở nước ta hàng trăm triệu tấn các loại khoáng sản khác nhau, trong đó có vàng, uran, than, sắt, mangan, cromit, bauxit, thiếc, vonfram, đồng, kẽm, apatit, barit, grafit, ...

Năm 1954 ngay sau khi hòa bình lập lại, Đảng ta đã chú trọng đặc biệt đến ngành địa chất. Trong những năm gần đây chúng ta đã đánh giá lại các mỏ cũ, tìm thêm nhiều mỏ mới. Nhiều phòng nghiên cứu khoáng vật được thiết lập, cán bộ nghiên cứu được tăng cường. Đó là những tiền đề của những bước phát triển mạnh mẽ trong tương lai. Nước ta khoáng sản rất phong phú, điều kiện nhiệt đới ở nước ta cũng làm cho đối tượng nghiên cứu khoáng vật có những đặc điểm riêng biệt.

Trước mắt, khoa học khoáng vật thế giới đang đi sâu vào ba phương hướng chủ yếu:

1- Nghiên cứu một cách toàn diện, sâu sắc các tính chất vật lý và hóa học của khoáng vật, đồng thời tìm ra được mối liên hệ giữa thành phần vật chất, kiến trúc tinh thể với các tính chất vật lý và hóa học của chúng. Phát hiện những quy luật phổ biến của sự di chuyển, phân bố khoáng vật trong không gian và theo thời gian.

2- Nghiên cứu các qui luật cộng sinh và nguồn gốc khoáng vật để phục vụ cho công tác thăm dò tìm kiếm.

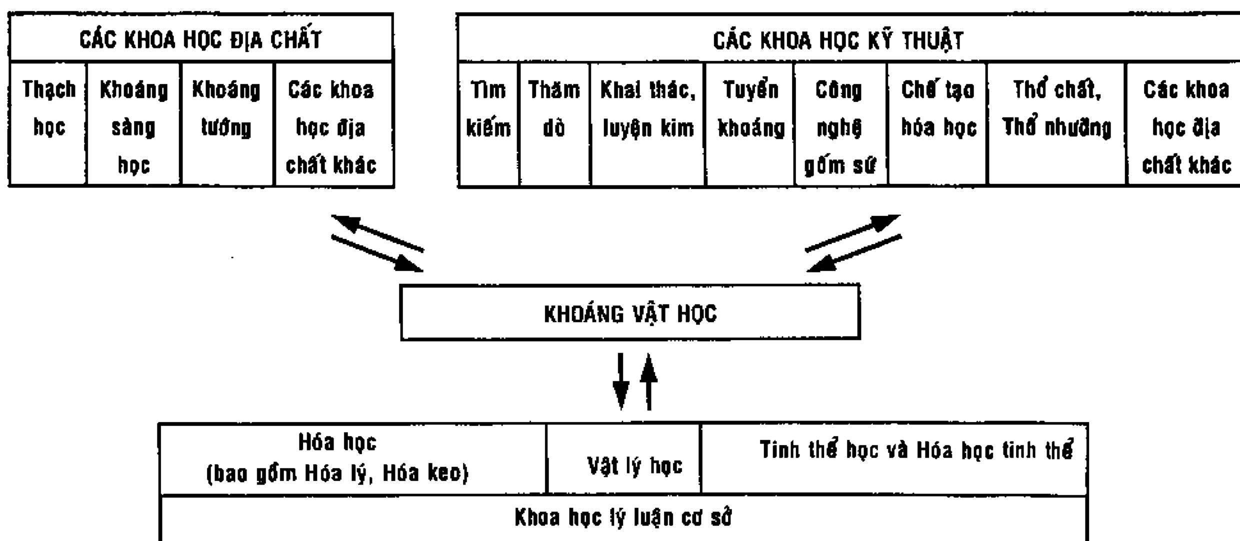
3- Nghiên cứu ứng dụng các tính chất đặc biệt của khoáng vật để sử dụng trong các ngành kinh tế, đồng thời tìm cách xử lý để nâng cao giá trị trên thị trường khoáng sản.

Những phương hướng trên đây có quan hệ mật thiết với nhau, thúc đẩy, hỗ trợ lẫn nhau nhằm giải quyết những vấn đề thực tiễn và lý thuyết hiện đại do sản xuất đề ra.

0.4 MỐI QUAN HỆ CỦA KHOÁNG VẬT HỌC VỚI CÁC NGÀNH KHOA HỌC KHÁC

Khoáng vật học muốn giải quyết những nhiệm vụ nghiên cứu của mình phải liên hệ chặt chẽ với các môn khoa học khác như hóa học, vật lý, tinh thể học, hóa học tinh thể, hóa lý, hóa keo,v.v... Mặt khác, các tri thức khoáng vật lại được sử dụng rộng rãi trong các khoa học địa chất và khoa học kỹ thuật khác. Mối quan hệ của khoáng vật học với các ngành khoa học khác được thể hiện ở bảng 0.1.

Bảng 0.1 *Sơ đồ biểu diễn mối quan hệ giữa khoáng vật học và các khoa học khác*



CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP

0.1 Hãy phân biệt những vật chất sau đây cái nào là khoáng vật, cái nào không phải khoáng vật; tại sao?

- Những vẩy mica, cát thạch anh trên bãi biển, bờ sông, bờ suối.
- Đá vôi rải đường, đất trên đỉnh núi, nước đá, thủy tinh.
- Muối ăn trên ruộng muối, diêm sinh (lưu hoàng), đường và viên thuốc.
- Các chất khí bốc ra trong khi thí nghiệm: H_2S, SO_2, CO_2 ...

0.2 Hãy phân tích đúng sai và giải thích chính xác những kết luận sau đây:

- Một tinh thể phải là một khoáng vật và ngược lại một khoáng vật cũng là một tinh thể.
- Một vật rắn có kiến trúc mạng nhất định phải là khoáng vật; một khoáng vật nhất thiết phải có kiến trúc mạng.

0.3 Trong thiên nhiên muối mỏ là một khoáng vật, nó có thành phần, kiến trúc và các tính chất vật lý, hóa học nhất định. Nếu trong muối có lẫn các bọt khí, các chất bùn và chất hữu cơ thì muối mỏ có còn là khoáng vật hay không?

0.4 Theo anh, chị định nghĩa khoáng vật một cách hợp lý cần phải bao gồm những mặt nào?

0.5 Phân biệt như thế nào là khoáng vật, quặng và đá.

0.6 Từ nhiệm vụ của tinh thể học và khoáng vật học hãy chỉ rõ điểm khác nhau và quan hệ giữa chúng.

0.7 Tại sao nói: "khoáng vật là khâu trung gian của sự di chuyển các nguyên tố. Khoáng vật học là hóa học của vỏ Trái Đất". Nói như vậy có gì sai?

0.8 Nội dung của việc nghiên cứu khoáng vật học là gì? Hiện nay phương hướng chủ yếu trong lĩnh vực nghiên cứu khoáng vật học là gì?

PHẦN THỨ NHẤT

CƠ SỞ TINH THỂ HỌC

Chương 1

KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ TINH THỂ

1.1 TINH THỂ TRONG TỰ NHIÊN

Tinh thể là những vật rắn được cấu tạo bởi những đa diện nhất định. Trên tinh thể có mặt, cạnh và đỉnh của tinh thể. Mặt giới hạn của tinh thể gọi là mặt tinh thể; giao tuyến của hai mặt gọi là cạnh, giao điểm của các cạnh gọi là đỉnh.

Kích thước tinh thể rất thay đổi, có những tinh thể nặng hàng tạ, nhưng cũng có các tinh thể rất nhỏ, thậm chí mắt thường không phân biệt được - đó là những vi tinh thể.

Tinh thể rất phổ biến trong tự nhiên cũng như trong đời sống hàng ngày của chúng ta. Hầu hết các đá cấu tạo nên vỏ Trái Đất gồm nhiều những tinh thể tự nhiên; gần gũi hơn như đường, muối ăn hay các loại thuốc cũng đều là vật chất kết tinh.

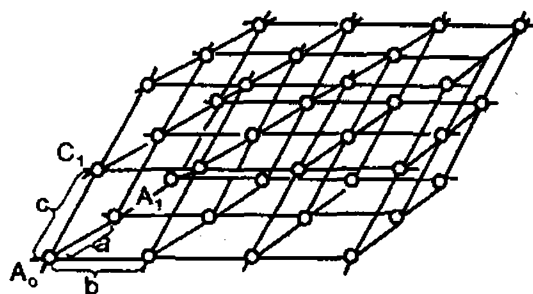
Nhờ quang tuyến X, người ta đã chứng minh được rằng ngay cả bồ hóng, xi, giác mô mắt cũng có cấu tạo dưới dạng tinh thể.

1.2 KIẾN TRÚC CỦA MẠNG TINH THỂ VÀ CÁC TÍNH CHẤT CỦA TINH THỂ

1- Mạng không gian

Kết quả phân tích bằng tia X chứng tỏ tất cả các tinh thể đều được tạo thành từ những hạt vật chất nhỏ bé (nguyên tử, ion, phân tử) những hạt vật chất đó sắp xếp với nhau theo những qui luật nhất định trong không gian tạo nên *mạng không gian*. Sự sắp xếp có quy luật các hạt vật chất nhỏ bé đó cho ta phân loại được vật chất kết tinh và vật chất vô định hình.

Để có khái niệm về mạng không gian, ta xem nó bao gồm những hình hộp bằng nhau định hướng như nhau xếp khít lại với nhau và ở tâm hoặc ở đỉnh của chúng có các phần tử nhỏ chiếm giữ là ion, phân tử hay nguyên tử (H.1.1). Những phần tử nhỏ đó gọi là *nút mạng*.



a, b, c - là thông số hàng mạng

Hình 1.1 Mạng không gian của tinh thể

Các nút cùng nằm trên một đường thẳng xác định một *hàng mạng* . Khoảng cách giữa hai nút kề cận trong cùng một hàng mạng có giá trị không đổi và gọi là thông số của hàng đó. Các hàng mạng song song nhau có cùng một thông số.

Những cạnh thực của tinh thể ứng với những hàng mạng có mật độ nút dày nghĩa là thông số hàng nhỏ.'

Ba nút mạng không cùng nằm trên một hàng xác định một *mặt mạng*. Mặt thực của tinh thể tương ứng với mặt mạng có mật độ nút cao trên một đơn vị diện tích. Khoảng cách giữa hai mặt cạnh nhau song song nhau gọi là thông số họ mặt mạng (hay còn gọi là thông số dãy).

Ba mặt mạng cắt nhau biểu thị toàn bộ mạng không gian của tinh thể, vì hàng mạng có thể kéo dài vô tận. Mỗi một ô nhỏ trong mạng đó gọi là *ô mạng*.

2- Các đặc tính của tinh thể

Tính có kiến trúc mạng

Kiến trúc mạng là tính chất đặc trưng nhất của tinh thể, nó quyết định tất cả những tính chất khác của tinh thể. Theo kiến trúc mạng, có thể định nghĩa tinh thể như sau: *tinh thể là những vật rắn, trong đó các phần tử nhỏ (phân tử, ion, nguyên tử) sắp xếp theo một qui luật đều đặn tạo nên mạng không gian.*

Khi điều kiện thành tạo thay đổi đột ngột, tính linh động của các phần tử nhỏ cũng giảm đi một cách đột ngột; do đó, chúng không thể sắp xếp với nhau một cách đều đặn nữa để tạo mạng không gian mà chúng sắp xếp một cách hỗn độn tạo vật chất vô định hình.

Tính đồng nhất

Một vật có tính đồng nhất khi tất cả các phần nhỏ trong nó đều có những tính chất giống hệt nhau. Cụ thể nếu ta cắt vật đó ra nhiều mảnh cùng kích thước cùng phương chiều thì chúng sẽ có tính chất cơ học, quang học, tính điện và tính từ tương tự nhau. Tính chất này có thể có cả trong môi trường lỏng và khí nữa.

Đối với tinh thể, nhờ có tính chất tĩnh, có kiến trúc mạng nên có thể định nghĩa tính đồng nhất của nó như sau: *Tính đồng nhất của tinh thể là tính chất phân bố của các hạt của nó sao cho tất cả các hạt có những vị trí đối với nhau tương tự nhau.*

Tính đồng nhất của tinh thể là tính tất yếu của kiến trúc mạng.

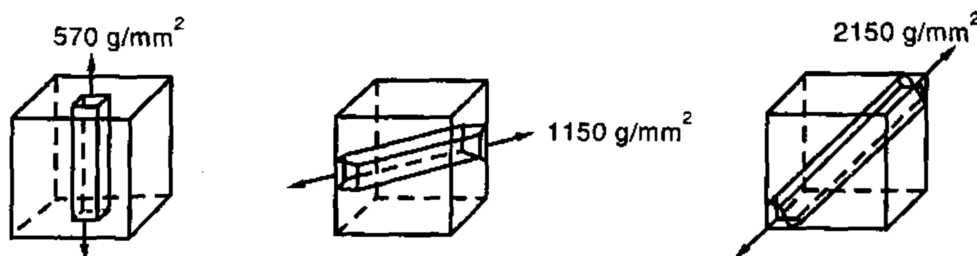
Tính dị hướng

Một vật có tính dị hướng khi vật đó có những tính chất khác nhau theo những phương khác nhau.

Môi trường tinh thể là một môi trường kiến trúc mạng của tinh thể là nguyên nhân làm cho tinh thể có tính dị hướng. Vì thông số hàng mạng theo những phương khác nhau thì khác nhau.

Nhờ có tính dị hướng nên ta chỉ có thể tách tinh thể mica thành những phiến mỏng theo một mặt nhất định, hoặc ta có tinh thể cocdierit mang màu khác nhau theo những phương khác nhau.

Từ những hình ở hình 1.2, ta thấy theo các phương khác nhau giới hạn bền vững của các tinh thể NaCl rất khác nhau.



Hình 1.2 *Giới hạn bền vững của tinh thể muối theo những phương khác nhau*

Nói chung tinh thể bao giờ cũng có tính dị hướng, chúng chỉ có thể có tính đẳng hướng ở một số tính chất nhất định.

Ví dụ: NaCl đẳng hướng về phương diện quang học và nhiệt nhưng lại dị hướng về cơ tính, tính đàn hồi, v.v...

Tính có dạng hình học

Tính đồng nhất và dị hướng chưa hoàn toàn đặc trưng cho tinh thể. Tính đặc trưng nhất của tinh thể là tính có dạng hình học. Tính có dạng hình học là tính tạo nên dạng đa diện nhất định của vật chất kết tinh.

Một tinh thể, sau khi đã gọt thành hình cầu cho vào trong dung dịch quá bão hoà của nó, sau một thời gian nhất định lại phát triển thành tinh thể giống như ban đầu.

Tính có dạng hình học cũng là kết quả tất nhiên của kiến trúc mạng tinh thể.

1.3 SỰ ĐỐI XỨNG CỦA TINH THỂ

1- Khái niệm về đối xứng

Khi nghiên cứu tinh thể, một trong những điểm quan trọng là phải nghiên cứu sự đối xứng của tinh thể. Hình có trục đối xứng phải là một hình có những phần bằng nhau lặp lại vị trí cũ bằng phép chiếu, phản chiếu, phép quay hoặc sự kết hợp đồng thời của hai trong ba phép nêu trên.

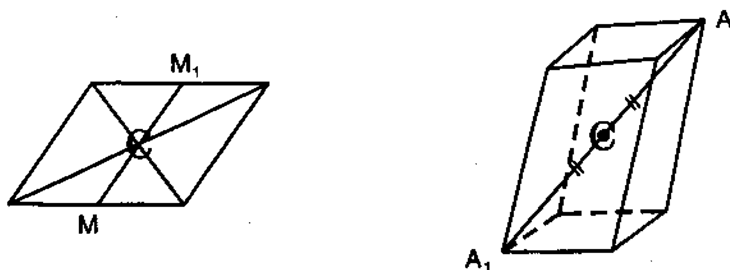
2- Các yếu tố đối xứng

Để hiểu được cụ thể rõ ràng về khái niệm đối xứng, ta dùng những yếu tố hình học ảo như: điểm, đường, mặt mà nhờ đó chúng ta thấy được sự đối xứng của hình. Hay nói cách khác, yếu tố đối xứng là những biểu tượng hình học có trong hình mà qua đó người ta thấy được sự đối xứng của tinh thể.

Tâm đối xứng

Tâm đối xứng là một điểm đặc biệt ở trong hình có tính chất: bất kỳ một đường thẳng nào đi qua nó cũng cắt hình ở hai điểm tương ứng cách đều ở hai bên nó. Có thể xem tâm đối xứng như một gương con, bất cứ một điểm nào cũng trùng với một điểm khác ở bên kia gương.

Tâm đối xứng được ký hiệu là C. Ví dụ, hình bình hành, khối hộp bình hành là những hình có tâm đối xứng (H.1.3).

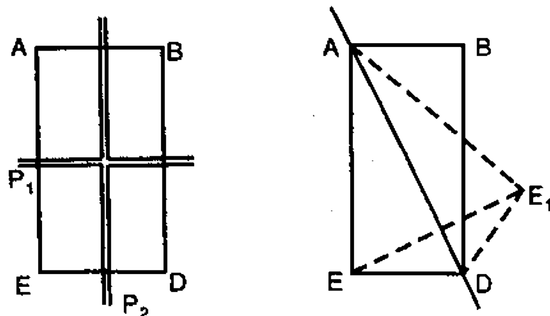


Hình 1.3 *Hình bình hành, khối hộp bình hành là những hình có tâm đối xứng*

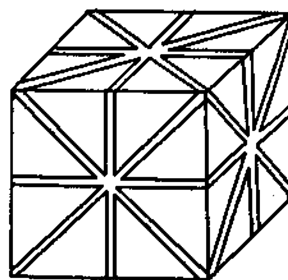
Trong tinh thể, một hình có tâm đối xứng là hình phải có các mặt song song bằng nhau và ngược chiều nhau.

Mặt đối xứng gương

Mặt đối xứng gương hay, vắn tắt hơn, mặt đối xứng (ký hiệu là P), là một mặt chia hình ra hai phần bằng nhau, phần này là ảnh của phần kia qua gương đặt ở vị trí thay cho mặt đối xứng (H.1.4 và 1.5).

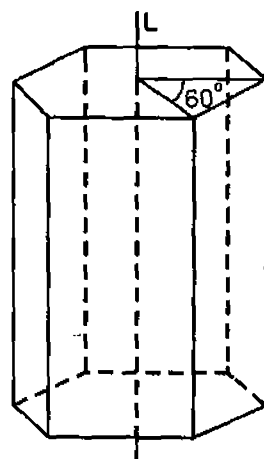


Hình 1.4 *P_1 và P_2 là mặt đối xứng của ABED, AD là mặt đối xứng của $AEDE_1$ chứ không phải của ABED*



Hình 1.5 *Khối hộp lập phương có 9 mặt đối xứng (9P)*

Ở hình 1.4 ta thấy hình chữ nhật chỉ có hai mặt đối xứng là P_1 và P_2, còn mặt thẳng góc với mặt hình vẽ qua AD không phải là mặt đối xứng vì không thỏa mãn điều kiện trên. Ở hình khối lập phương (H.1.5) có 9 mặt phẳng đối xứng.



Hình 1.6 *Hình lăng trụ sáu phương có một trục đối xứng L với a = 60°*

Trục đối xứng quay

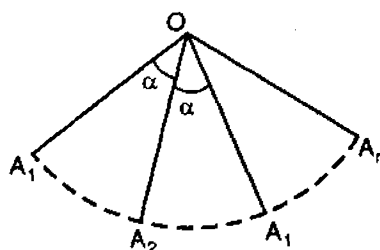
Trục đối xứng quay hay, vắn tắt hơn, trục đối xứng, là một đường thẳng có trong hình mà khi ta quay hình quanh nó một góc nào đó thì hình sẽ lặp lại vị trí cũ trong không gian. Góc quay bé nhất để đưa hình lặp lại vị trí cũ gọi là góc quay nguyên tố, ký hiệu α. Trục đối xứng quay ký hiệu là L_n, trong đó n được gọi là bậc quay của trục (n = 1, 2, 3, 4, 6). Trên hình 1.6 là trục bậc 6 (L_6) với α = 60°.

Sau đây là hai định lý về trục đối xứng.

Định lý 1.1: Góc quay nguyên tố của bất kỳ một trục đối xứng nào cũng chứa một số nguyên lần trong 360°. Nghĩa là nó phải nghiệm đúng đẳng thức $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$, trong đó n là một số nguyên dương.

Giả thiết cho trục đối xứng O ở vị trí thẳng góc với mặt hình vẽ, góc quay nguyên tố là α. Ta phải chứng minh $n = \frac{360^\circ}{\alpha}$ là một số nguyên.

Ta hãy xét một điểm A_1, cho hình quay, A_1 sẽ rời khỏi vị trí ban đầu tới lúc đã quay được một góc α thì hình sẽ trở về vị trí cũ (vị trí ban đầu) và lúc này A_1 ở vị trí A_2 (H.1.7).



Hình 1.7 *Góc quay nguyên tố của trục đối xứng chứa một số nguyên lần trong 360°*

Tiếp tục lặp lại phép quay trên với từng lượng α, lần lượt ta đưa A_1 đến A_3, A_4... rồi đến A_n gần sát vị trí khởi đầu. Khi A_1 đến vị trí A_2 ta đã quay hình quanh 0 một số nguyên lần α. Đến đây có một trong ba trường sau có thể xảy ra:

Góc $\widehat{A_nOA_1} > \alpha$: phù hợp hoàn toàn với định lý đã nêu vì nếu tiếp tục quay thêm một góc α nữa thì tổng số lần quay vẫn là một số nguyên và đồng thời cũng quay đủ vòng quay 360°: $n\alpha = 360^\circ$, n là một số nguyên.

Góc $\widehat{A_nOA_1} < \alpha$: ta tiếp tục quay thêm một góc α nữa, góc còn lại sẽ rơi vào trường hợp 1 (bằng góc α) hoặc trường hợp 3 (bé hơn α) dưới đây.

Góc $\widehat{A_nOA_1} < \alpha$: *ví dụ*, $\widehat{A_nOA_1} = \beta$, vì α là yếu tố góc quay của trục đối xứng O, cho nên khi quay A_1 chiếm vị trí A_n hình trở lại vị trí ban đầu. Ta tiếp tục quay thêm một góc = β, và như vậy ta quay hình đủ 360° (A_1 trở về vị trí khởi điểm), lúc này bắt buộc hình phải có vị trí ban đầu. Nếu trường hợp này xảy ra được, thì góc quay nguyên tố không phải là α mà là β, vì: β <α và β vẫn cho phép hình lặp lại vị trí cũ. Điều này không thể có được vì trái với giả thiết. Như vậy α phải là một số nguyên lần trong 360°: $n = 360°/\alpha$, n là một số nguyên và được gọi là *bậc* của trục đối xứng.

Ví dụ: *Trục bậc 1*: α = 360°/1 = 360°; ký hiệu L_1.

Tất cả các hình đều có vô hạn trục đối xứng bậc 1.

Trục bậc 2: (L_2) ứng với α = 360°/2 = 180° (khi vẽ ký hiệu ⬭).

Trục bậc 3: (L_3) ứng với α = 360°/3 = 120° (khi vẽ ký hiệu △).

Trục bậc 4: (L_4) ứng với α = 360°/4 = 90° (khi vẽ ký hiệu □).

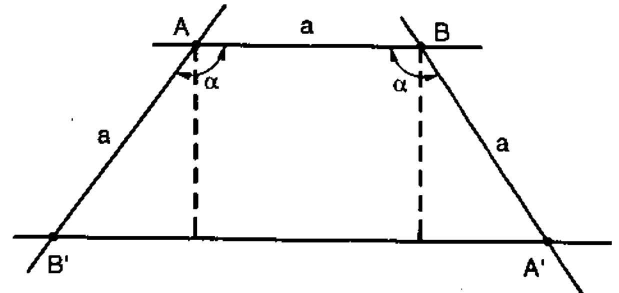
Trục bậc 6: (L_6) ứng với α = 360°/6 = 60° (khi vẽ ký hiệu ⬡).

Trục bậc ∞: (L_α) ứng với α = 360°/6 = 0°. Ví dụ, trường hợp của các hình tròn xoay (nón tròn xoay, trụ tròn xoay).

Định lý 1.2: *Trong tinh thể không có trục đối xứng bậc 5 và trục bậc lớn hơn 6.*

Giả sử ta có một trục đối xứng với góc quay nguyên tố là α. Ta phải chứng minh chỉ có các trục L_1; L_2; L_3; L_4; L_6. Hay α chỉ có thể có những giá trị: 360°; 180°; 120°; 90°; và 60°.

Trên một hàng mạng ta lấy hai nút cạnh nhau A và B (H.1.8), khoảng cách AB = a là thông số hàng mạng đó. Coi trục đối xứng có góc quay nguyên tố là α đi qua A vuông góc với hình vẽ. Lấy A làm tâm, nếu xoay B quanh A một góc α ta sẽ gặp một nút tương tự như B là B'. Tương tự, nếu trục đối xứng vuông góc với mặt đối xứng tại B, xoay A quanh B một góc α ta cũng được A'. Hàng mạng qua A'B' sẽ song song với hàng mạng qua A và B và cùng có một thông số a. Theo tính chất cơ bản của mạng ta có: *B'A'* = *na*.



Hình 1.8 Chứng minh cho định lý không có trục bậc 5 và bậc lớn hơn 6 trong tinh thể

trong đó n là một số nguyên.

Từ hình vẽ ta có: $B'A' = a \pm 2a\sin(\alpha - 90°) = a \pm 2a\cos\alpha = a\,(1 \pm 2\cos\alpha) = na$

Vậy: $1 \pm 2\cos\alpha$ phải là một số nguyên, thì $2\cos\alpha$ cũng phải là một số nguyên. Muốn vậy $2\cos\alpha$ chỉ có thể bằng: 0; 1; 2.

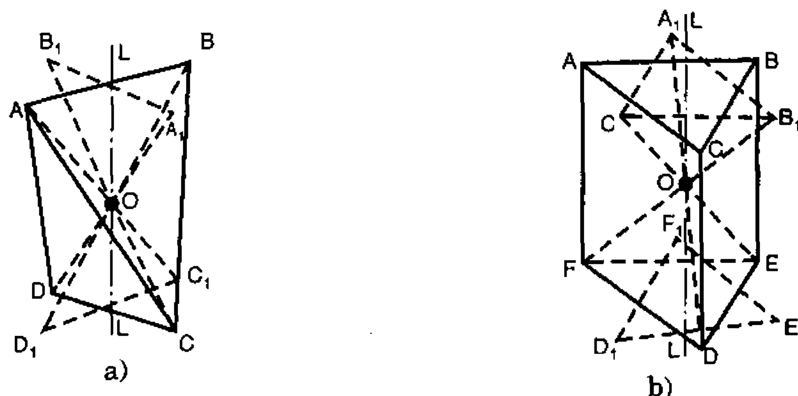
Từ đó: $\cos\alpha = \pm\,(0;\ 1/2;\ 1)$.

Lập bảng thống kê ta có kết quả như sau:

Cosα	α	Trục đối xứng L_n
0	$90^\circ \pm 2k\pi$	L_4
1/2	$120^\circ \pm 2k\pi$	L_3
1/2	$60^\circ \pm 2k\pi$	L_6
–1	$180^\circ \pm 2k\pi$	L_2
+1	$360^\circ \pm 2k\pi$	L_1

Từ bảng trên ta thấy không thể có trục bậc 5 và bậc lớn hơn 6.

Trục nghịch đảo



Hình 1.9 *Hình có trục nghịch đảo*

a) Li4 ở hình tứ diện bốn phương ABCD

b) Li6 ở hình lăng trụ ba phương ABCFED

Trục nghịch đảo (ký hiệu là Li) được thiết lập bởi một tập hợp gồm một tâm đối xứng và một trục đối xứng tác dụng đồng thời mà không riêng lẻ. Ở đây tâm đối xứng không phải là một yếu tố đối xứng độc lập mà nó chỉ tham gia với tính chất thành phần cùng với trục đối xứng (H.1.9).

Ví dụ 1: Trong hình tứ diện bốn phương ABCD (tên gọi xem chương 2), trục LL là một trục bậc 2 đồng thời nó cũng là một trục nghịch đảo bậc 4 (Li_4) vì từ vị trí ban đầu là ABCD. Quay quanh LL một góc 90^o(n = 4), thì hình bốn mặt sẽ ở vị trí $A_1B_1C_1D_1$, cho đảo qua tâm O thì hình lặp lại vị trí cũ: A_1 sẽ tới D; B_1 tới C; C_1 sẽ tới A; và D_1 tới B.

Ví dụ 2: Trong hình lăng trụ ba phương ABCFED (tên gọi xem chương 2) giới hạn bởi hai mặt đáy là tam giác đều. Trục LL là một trục bậc 3 (L_3) đồng thời nó cũng là một trục nghịch đảo bậc 6 (Li_6). Thật vậy, nếu quay hình quanh LL một góc 60^0 (n = 6) rồi cho tác dụng qua tâm O, hình lại trở lại vị trí cũ.

Trong tinh thể học các trục nghịch đảo cũng tương ứng hoàn toàn với trục đối xứng thông thường, (các trục thông thường: L_1; L_2; L_3; L_4; L_6 thì sẽ có các trục nghịch đảo Li_1; Li_2; Li_3; Li_4; Li_6). Nhưng vì tác dụng của Li_1 giống tác dụng của C, của Li_2 giống P và của Li_3 giống L_3 nên chỉ còn lại hai trục nghịch đảo Li_4 và Li_6. Cần chú ý Li_4 bao giờ cũng trùng với L_2, Li_6 có thể coi nó là tác dụng đồng thời của L_3 và một mặt đối xứng thẳng góc với nó.

Tóm lại trong tinh thể có các trục đối xứng sau: L_1; L_2; L_3; L_4; L_6; Li_4; Li_6.

1.4 PHÉP CỘNG CÁC YẾU TỐ ĐỐI XỨNG

Phép cộng các yếu tố đối xứng đóng một vai trò quan trọng trong tinh thể học về lý thuyết cũng như thực hành vì nó cho ta thấy đầy đủ tập hợp các yếu tố đối xứng cùng có mặt trong một đa diện.

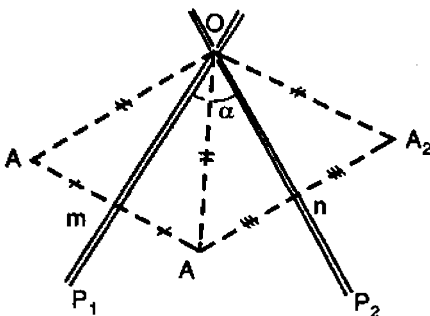
1- Các định lý về phép cộng các yếu tố đối xứng

Định lý 1.3: *Giao tuyến của hai mặt đối xứng bao giờ cũng là một trục đối xứng. Tác dụng của nó bằng tổng tác dụng của hai mặt đối xứng và góc quay nguyên tố của nó bằng hai lần góc tạo bởi hai mặt đối xứng.*

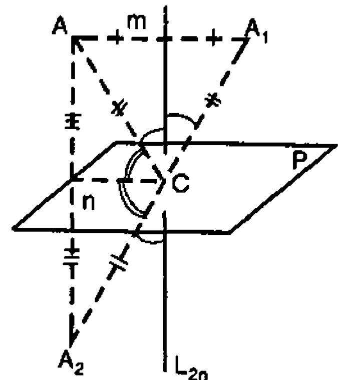
Giả sử có hai mặt P_1 và P_2 (H.1.10) cắt nhau theo giao tuyến O và vuông góc với mặt hình vẽ, góc giữa hai mặt là α. Lấy một điểm A bất kỳ phản chiếu qua P_1 ta được A_1 và tiếp tục phản chiếu qua P_2 ta được A_2. Chứng minh được rằng, A_2 cũng có thể suy ra từ A bằng phép quay quanh O (trục O), là giao tuyến của hai mặt với một góc quay là 2α. Muốn vậy ta phải chứng minh:

$$OA = OA_2; \quad \widehat{AOA_2} = 2\alpha$$

Phần này có thể tự chứng minh một cách dễ dàng.



Hình 1.10 Giao tuyến của hai mặt đối xứng P_1 và P_2 là trục đối xứng O



Hình 1.11 Khi có tâm C và trục bậc hai L_{2n} thì có mặt đối xứng P vuông góc với L_{2n}

Định lý 1.4: Nếu hình đã có hai trong ba yếu tố đối xứng sau:

1- Tâm đối xứng (C).

2- Trục bậc chẵn L_{2n}.

3- Mặt đối xứng P thẳng góc với L_{2n}, thì bao giờ cũng có một yếu tố thứ 3.

Tổ hợp lại ta có ba trường hợp cụ thể sau đây:

1- Nếu hình có tâm C và L_{2n} thì phải có $P \perp L_{2n}$.

2- Nếu hình có P và C thì phải có $L_{2n} \perp P$.

3- Nếu hình có L_{2n} và P thì phải có C.

Chứng minh: Ở đây chỉ chứng minh trường hợp đầu, các trường hợp sau người đọc tự chứng minh lấy.

Giả thiết đã có: C và L_{2n}. Ta phải chứng minh có: $P \perp L_{2n}$ (H.1.11).

Ta biết rằng bất kỳ một trục bậc chẵn nào bao giờ cũng chứa một trục bậc hai vì:

$360°/2n = 180°/n$ (n là số nguyên). Do đó A_2 suy được từ A qua L_2 rồi qua C. Ta chứng minh được A_2 cũng có thể suy được từ A qua P thẳng góc với L_2. Muốn vậy ta vẽ qua C một mặt $P \perp L_{2n}$ và chứng minh: $AA_2 \perp P$; $An = nA_2$.

$\Delta ACm = \Delta A_1Cm$ (theo cách dựng), do đó: $\widehat{ACm} = \widehat{A_1Cm} = \widehat{A_2CL_{2n}}$ (đối đỉnh).

Ta có: $\widehat{ACm} = \widehat{A_2CL_{2n}}$.

Vì: $\widehat{ACn} + \widehat{ACm} = \widehat{A_2Cn} + \widehat{A_2CL_{2n}} = 90°$, nên: $\widehat{ACn} = \widehat{A_2Cn}$.

Mặt khác, ta lại có: $AC = A_1C$, mà: $A_1C = A_2C$, do đó: $A_2C = AC$.

Từ đó ta có: $\Delta ACn = \Delta A_2Cn$. Nên: $\widehat{AnC} = \widehat{A_2nC} = 90°$, và: $An = nA_2$.

Hệ quả: *Nếu có tâm đối xứng, tổng số trục bậc chẵn sẽ bằng tổng số mặt phẳng đối xứng mà mỗi trục bậc chẵn sẽ thẳng góc với một mặt phẳng đối xứng.*

Định lý 1.5: *Nếu có một trục bậc n và một trục bậc 2 thẳng góc với nhau thì phải có n trục bậc 2 thẳng góc với nó.*

Định lý 1.6: *Nếu có một trục bậc n và một mặt đối xứng P chứa nó thì phải có n mặt đối xứng chứa nó.*

Hai định lý 1.5 và 1.6 có thể tự chứng minh lấy.

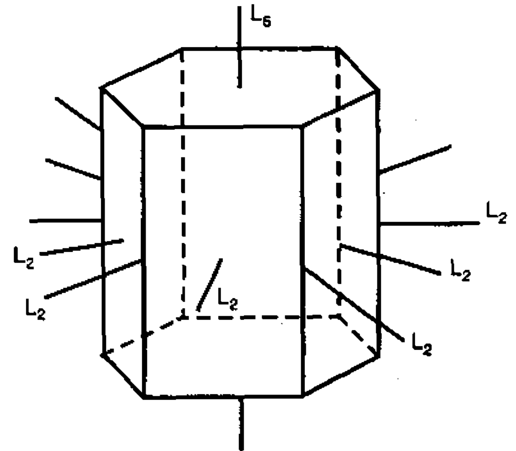
2. Phương đơn độc và phương cân đối trong tinh thể

Định nghĩa: *Phương đơn độc là một phương đặc biệt ở trong tinh thể mà qua tác dụng của các yếu tố đối xứng có trong hình nó không đổi hướng.*

Phương đơn độc được ký hiệu là D.

Ví dụ, ở hình 1.12 trùng với L_6 trong hình lăng trụ sáu phương có một phương đơn độc.

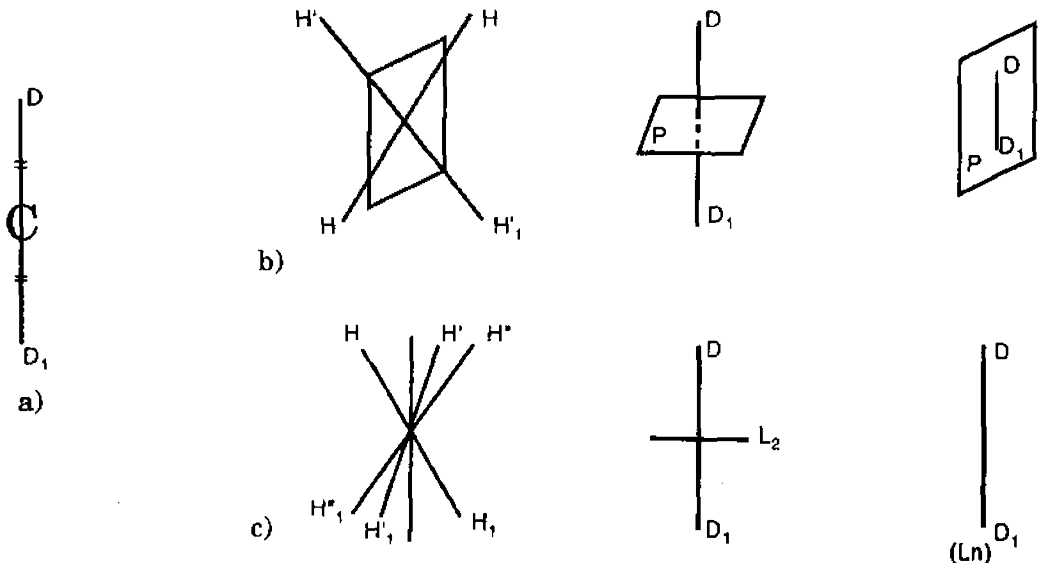
Những phương được lặp lại qua tác dụng của các yếu tố đối xứng trong tinh thể gọi là phương cân đối. Đó là các phương trùng với L_2 trong tinh thể có hình lăng trụ sáu phương. Theo các phương cân đối của nhau thì các tính chất của tinh thể giống nhau, còn theo phương đơn độc thì khác nhau.



Hình 1.12 *Hình lăng trụ sáu phương với L_6 là phương đơn độc, các trục L_2 là phương cân đối*

Vị trí của phương đơn độc với các yếu tố đối xứng

Trong tinh thể vị trí của phương đơn độc liên quan mật thiết tới các yếu tố đối xứng (H.1.13).



Hình 1.13 *a) Vị trí của phương đơn độc đối với tâm đối xứng*

b) Mặt đối xứng; c) Trục đối xứng

Đối với tâm đối xứng: phương đơn độc có thể qua tâm đối xứng.

Đối với mặt phẳng đối xứng gương: phương đơn độc có thể vuông góc với mặt đối xứng hoặc có thể nằm trong mặt đối xứng, nhưng không thể xiên góc với mặt đối xứng.

Đối với trục đối xứng quay: với các trục bậc lớn hơn 2 phương đơn độc có thể trùng với trục L_n ($n > 2$) nhưng không thể vuông góc với L_n mà cũng không thể xiên góc với L_n. Với trục bậc 2 phương đơn độc có thể trùng với L_2 và vuông góc với L_2 nhưng không thể xiên góc với L_2.

3- Phép suy đoán 32 lớp đối xứng trong tinh thể

Lớp đối xứng của tinh thể là tập hợp đầy đủ những yếu tố đối xứng có trong tinh thể. Cách ký hiệu lớp đối xứng như sau: đầu tiên ghi trục (thứ tự từ trục lớn nhất đến nhỏ nhất), rồi đến mặt đối xứng gương, sau cùng là tâm đối xứng. Ví dụ, L_33L_23PC.

Trong tinh thể học có 32 lớp đối xứng. Tất cả phép suy đoán ra chúng chia làm hai phần:

1- Lớp đối xứng chứa phương đơn độc.

2- Lớp đối xứng không chứa phương đơn độc.

Các lớp đối xứng trong tinh thể có chứa phương đơn độc

Ta lấy một phương đơn độc làm khởi đầu, cho kết hợp với các yếu tố đối xứng rồi suy ra những tổ hợp yếu tố đối xứng có thể có trong tinh thể học.

1- Đặt phương đơn độc trùng với các trục đối xứng L_n.

Ta có 5 lớp đối xứng: L_1; L_2; L_3; L_4; L_6.

Các lớp đối xứng này chỉ có duy nhất một trục đối xứng thuộc *dạng nguyên thủy.*

2- Cộng thêm tâm đối xứng C vào các lớp đối xứng dạng nguyên thủy.

Ta sẽ có các lớp đối xứng: L_1C; L_2C; L_3C; L_4C; L_6C.

Nhưng theo định lý 2 thì nếu có trục bậc chẵn và tâm C thì phải có P nên phải viết như sau: $L_1C = C$; $\mathbf{L_2PC}$; L_3C; L_4PC; L_6PC.

Các lớp đối xứng này thuộc *dạng tâm.*

3- Cộng thêm mặt đối xứng P vào các lớp đối xứng dạng nguyên thủy thì mặt P chứa phương đơn độc.

Kết hợp định lý 4: nếu đã có một mặt P qua L_n thì có n mặt phẳng P qua nó, nên ta có:

$$L_1P = P;\ L_22P;\ L_33P;\ L_44P;\ L_66P$$

Các lớp đối xứng này thuộc *dạng mặt.*

4- *Cộng thêm một trục đối xứng bậc 2 (L_2) vào các lớp đối xứng nguyên thủy*, trục L_2 này thẳng góc với phương đơn độc. Theo định lý 3: nếu L_2 vuông góc L_n thì có nL_2 thẳng góc với L_n, nên ta viết được:

$$L_1L_2 = L_2;\ \ L_22L_2 = 3L_2;\ L_33L_2;\ L_44L_2;\ L_66L_2$$

Các lớp đối xứng này thuộc *dạng trục*.

5- *Thêm vào lớp đối xứng dạng nguyên thủy cùng một lúc nhiều yếu tố đối xứng nếu có thể.* Ở trên ta mới đề cập thêm một yếu tố đối xứng vào phương đơn dộc. Đến đây ta thêm vào đồng thời một số yếu tố đối xứng chứ không phải từng yếu tố một.

Ví dụ, cũng thêm tâm đối xứng C rồi thêm mặt P chứa phương đơn độc.

Đầu tiên thêm yếu tố tâm C, theo định lý 2 thì thẳng góc với trục bậc chẵn có thêm P, nên có những lớp đối xứng sau:

$$L_1C = C;\ \ L_2PC;\ L_3C;\ L_4PC;\ L_6PC.$$

Sau đó thêm yếu tố mặt đối xứng P chứa phương đơn độc, theo định lý 3, 4 ta sẽ có các lớp đối xứng sau:

$$L_1CPL_2 = L_2PC;\ L_2CP2P2L_2 = 3L_23PC;\ L_3C3P3L_2 = L_33L_23PC;$$

$$L_4PC4P4L_2 = L_44L_25PC;\ L_6CP6L_26P = L_66L_27PC.$$

Các lớp này thuộc dạng đối xứng mặt trục.

6- *Đặt phương đơn độc trùng với trục nghịch đảo.* Trường hợp này ta được hai lớp đối xứng sau: Li_4; Li_6.

Các lớp đối xứng này thuộc dạng nghịch đảo nguyên thủy. Cộng thêm mặt phẳng đối xứng P chứa phương đơn độc hoặc một trục đối xứng L_2 vuông góc với phương đơn độc, ta có:

$$Li_4\ (= L_2) = 2L_22P;$$

$$Li_6\ (= L_3P) = L_33L_24P = Li_6\ (= L_3P) = 3L_23P$$

Đây là *dạng đối xứng đảo chuyển mặt.*

Đến đây ta suy đoán được 27 lớp đối xứng có chứa phương đơn độc. Các lớp in chữ đậm nét có gạch dưới không tính vì đã có lớp trùng với nó. Bằng những cách cộng thêm khác ta cũng đều đi đến những lớp đối xứng đã có ở trên.

Các lớp đối xứng trong tinh thể không có phương đơn độc

Bằng toán học người ta đã chứng minh được rằng tập hợp những nhóm trục đối xứng ở đây phải ứng với những nhóm trục thuộc những đa diện đều đặn. Những đa diện này phải có mặt là những đa giác đều. Có 3 đa diện khởi điểm là:

Hình tứ diện: với mỗi mặt là một tam giác đều.

Hình hộp lập phương: có 6 mặt là 6 hình vuông.

Hình bát diện: mỗi mặt là tam giác đều.

Trong hình tứ diện có nhóm trục $4L_3 3L_2$, được coi là lớp đối xứng *dạng nguyên thủy*.

Thêm tâm C vào lớp đối xứng nguyên thủy ta có: $4L_3 3L_2 3PC$. Đây là lớp đối xứng *dạng tâm*.

Thêm P chứa trục L_3 ta được $4L_3 3L_2 6P$, đây là lớp đối xứng *dạng mặt*. Ở đây có $4L_3$ đáng lẽ phải có 12P chứa L_3, nhưng mỗi P chứa $2L_3$ nên chỉ còn lại 6P.

Thêm L_2 vuông góc với L_3 ta được $3L_4 4L_3 6L_2$, là lớp đối xứng *dạng trục*. Trường hợp $6L_2$ cũng được giải thích tương tự trường hợp 6P.

Thêm tâm C vào tổ hợp trên ta được $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$ là lớp đối xứng *dạng mặt trục*.

Các lớp đối xứng không chứa phương đơn độc là 5 lớp, cộng thêm với 27 lớp đối xứng có chứa phương đơn độc, tổng cộng ta được 32 lớp đối xứng (bảng 1.1).

Bảng 1.1 *Ba mươi hai lớp đối xứng của tinh thể*

HẠNG	*TINH HỆ*	*LỚP ĐỐI XỨNG*						
		Nguyên thủy	Tâm	Mặt	Trục	Mặt – trục	Nghịch đảo nguyên thủy	Nghịch đảo mặt
THẤP	Ba xiên	1 L_1	2 C $\bar{1}$					
	Một xiên			3 P *m*	4 L_2 2	5 L_2PC 2/*m*		
	Thoi			6 $L_2 2P$ 2*m*	7 $3L_2$ 222	8 $3L_2 3PC$ 2/*mm*		
TRUNG	Ba phương	9 L_3 3	10 L_3C $\bar{3}$	11 $L_3 3P$ 3*m*	12 $L_3 3L_2$ 32	13 $L_3 3L_2 3PC$ $\bar{3}m$		
	Bốn phương	14 L_4 4	15 L_4PC 4/*m*	16 $L_4 4P$ 4*m*	17 $L_4 4L_2$ 42	18 $L_4 4L_2 5PC$ 4/*mm*	19 $Li_4(\equiv L_2)$ $\bar{4}$	20 $Li_4(\equiv L_2)2L_2 2P$ $\bar{4}2m$
	Sáu phương	21 L_6 6	22 L_6PC 6/*m*	23 $L_6 6P$ 6*m*	24 $L_6 6L_2$ 62	25 $L_6 6L_2 7PC$ 6/*mm*	26 $Li_6 \equiv L_3P$ $\bar{6}$	27 $Li_6 3L_2 3P$ $\equiv L_3 3L_2 4P$ $\bar{6}2m$
CAO	Lập phương	28 $4L_3 3L_2$ 23	29 $4L_3 3L_2 3PC$ *m*3	30 $4L_3 3L2(Li_4)6P$ $\bar{4}3m$	31 $3L_4 4L_3 6L_2$ 432	32 $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$ *m*3*m*		

4- Tinh hệ và hạng

Tinh hệ là một nhóm lớp đối xứng có một hoặc vài yếu tố đối xứng giống nhau với một số phương đơn độc đồng nhất.

Trong 32 lớp đối xứng người ta chia thành 7 tinh hệ: tinh hệ ba xiên, tinh hệ một xiên, tinh hệ thoi, tinh hệ ba phương, bốn phương, sáu phương và lập phương.

Mỗi một tinh hệ được đặc trưng bởi các lớp đối xứng nhất định (bảng 1.2).

Bảng 1.2 *Bảng đặc trưng cho các tinh hệ*

Hạng	Tinh hệ	Số phương đơn độc	Yếu tố đối xứng đặc trưng
THẤP Có một vài phương đơn độc, không có trục bậc lớn hơn 2.	Ba xiên	Tất cả mọi phương qua C	C
	Một xiên	Nhiều	P, L_2, L_2PC
	Thoi	Ba	L_22P, $3L_2$, $3L_23PC$
TRUNG Có một phương đơn độc trùng với phương của trục bậc lớn hơn 2	Ba phương	Một	L_3
	Bốn phương	Một	L_4 hoặc Li_4
	Sáu phương	Một	L_6 hoặc Li_6
CAO Không có phương đơn độc, có một vài trục bậc lớn hơn 2.	Lập phương	Không	$4L_3$

Người ta lại xếp 7 tinh hệ đã kể trên thành ba hạng: hạng thấp; *hạng trung; hạng cao.*

Các tinh hệ thuộc hạng thấp được đặc trưng bởi sự có mặt của một vài phương đơn độc và vắng mặt trục đối xứng bậc lớn hơn 2, gồm tinh hệ ba xiên, một xiên và thoi.

Các tinh hệ thuộc hạng trung được đặc trưng bởi sự có mặt của một phương đơn độc trùng với trục đối xứng bậc lớn hơn 2, gồm các tinh hệ ba phương, bốn phương, sáu phương.

Các tinh hệ thuộc hạng cao đặc trưng là không có phương đơn độc và luôn có một vài trục đối xứng bậc lớn hơn 2, gồm tinh hệ lập phương.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 1

1.1. Tính chất đặc trưng của chất rắn có kiến trúc mạng tinh thể là gì?

1.2. Nói một chất kết tinh phải có dạng hình học và ngược lại một chất có dạng hình học phải là chất kết tinh có đúng không? Tại sao?

1.3. Hãy tìm những đồ dùng, vật thể chung quanh ta có tâm đối xứng, mặt đối xứng gương, trục đối xứng quay và xác định bậc của trục đối xứng.

1.4. Hãy xác định các tiêu chí để phân biệt giữa tinh thể lý tưởng và tinh thể thật.

1.5. Chứng minh rằng: nếu một hình có mặt phẳng đối xứng và tâm C thì phải có trục bậc chẵn vuông góc với mặt phẳng đối xứng đó.

1.6. Chứng minh rằng: nếu một hình có trục bậc chẵn vuông góc với mặt phẳng đối xứng thì ắt phải có một tâm đối xứng C.

1.17. Cho tinh thể sfalerit (số 34) trên (H.2.11), hãy dùng các định lý trong phép cộng các yếu tố đối xứng để xác định:

a) Các yếu tố đối xứng;

b) Số các phương đơn và vị trí của chúng;

c) Tinh hệ và hạng của nó;

d) Tên gọi của dạng đối xứng;

e) Số lượng các hình đơn;

f) Tên gọi của các hình đơn.

1.8. Cho một khối hộp hình bình hành (H.1.3). Hãy xác định các nội dung như câu 7 ở trên.

Chương 2

HÌNH DẠNG VÀ KÝ HIỆU TINH THỂ

Khi xác định các yếu tố đối xứng của tinh thể thường gặp nhiều tinh thể với hình dạng khác nhau nhưng lại có cùng một số yếu tố đối xứng.

Ví dụ: khối bát diện và lập phương có hình dạng khác nhau, nhưng lại có cùng một số yếu tố đối xứng $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Vì vậy ngoài việc nghiên cứu các yếu tố đối xứng của tinh thể ta còn phải xác định dạng bên ngoài của nó nữa.

2.1 HÌNH DẠNG TINH THỂ VÀ CÁCH GỌI TÊN

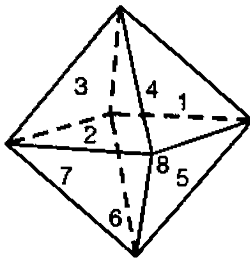
1- Hình đơn và hình ghép

Hình dạng tinh thể của các chất trong tự nhiên gồm hai loại: hình đơn và hình ghép.

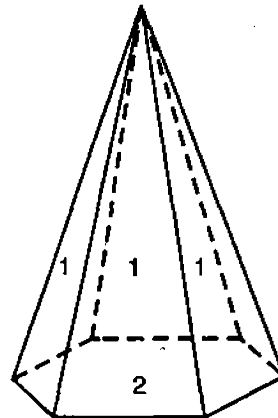
Hình đơn là một hình trong đó tất cả các mặt đều bằng nhau và liên hệ với nhau bởi các yếu tố đối xứng có trong hình. Nói cách khác là các mặt đều có thể suy từ một mặt nhờ các yếu tố đối xứng ở trong hình.

Ví dụ: trong khối hình bát diện (H.2.1) tất cả các mặt của nó đều liên hệ với nhau qua các yếu tố đối xứng là $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$.

Hình ghép là những hình gồm hai hoặc nhiều hình đơn kết hợp với nhau mà thành. Trong hình ghép tất cả các mặt của nó không ràng buộc với nhau qua các yếu tố đối xứng.



***Hình 2.1** Hình bát diện là một hình đơn*



***Hình 2.2** Hình ghép của tháp sáu phương (1) và hình một mặt (2)*

Ví dụ: khối tháp sáu phương gồm hai hình đơn khác nhau là tháp sáu phương và đáy là hình một mặt (H.2.2).

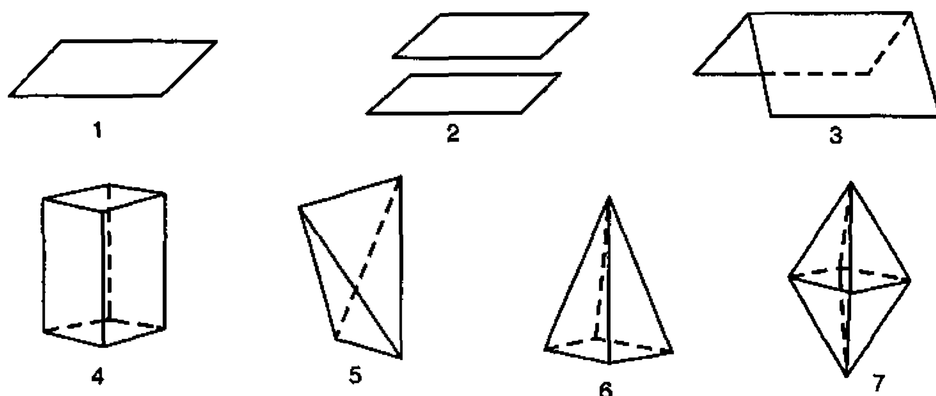
Trong tinh thể học có tất cả 47 hình đơn khác nhau. Chúng được suy từ 32 lớp đối xứng đã nói ở trên. Còn dạng của hình ghép thì vô hạn.

2- Hình dạng và tên gọi các hình đơn

Khi gọi tên hình đơn, người ta quy định là phải làm sao nói lên được hình dạng của nó đồng thời thể hiện được tinh hệ của hình.

Ta đã biết rằng trong tinh thể có 32 lớp đối xứng. Trong mỗi lớp đối xứng, do sự rằng buộc của các yếu tố đối xứng mà số lượng các hình đơn chỉ có giới hạn. Từ 32 lớp đối xứng người ta đã suy ra 47 hình đơn bằng phương pháp dùng hình chiếu cực xạ (trong cuốn sách này không đề cập đến). Mỗi một hình đơn mang một đặc tính riêng và tên gọi riêng; nó có thể có mặt ở một số các tinh hệ, nhưng cũng có thể đặc trưng riêng cho tinh hệ nào đó.

Các hình đơn của các tinh hệ hạng thấp thường đơn giản (H.2.3), bao *gồm hình một mặt, hình song diện, hình nhị diện, lăng trụ thoi,* là những hình không tồn tại độc lập mà phải nằm trong hình ghép; và *hình tứ diện thoi, tháp thoi, tháp đôi hệ thoi.*



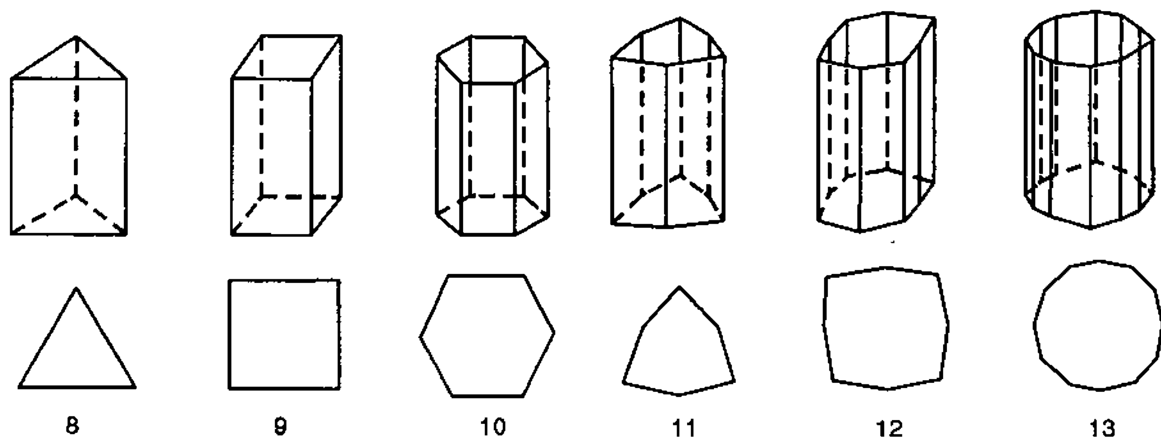
1- Hình một mặt; 2- Hình song diện; 3- Hình nhị diện; 4- Lăng trụ thoi
5- Hình tứ diện thoi; 6- Tháp thoi; 7- Tháp dôi hệ thoi

Hình 2.3 *Các hình đơn của hạng thấp*

Các hình đơn của tinh hệ hạng trung rất đa dạng. Tùy thuộc vào hình dạng của các mặt tinh thể hình đơn chia ra:

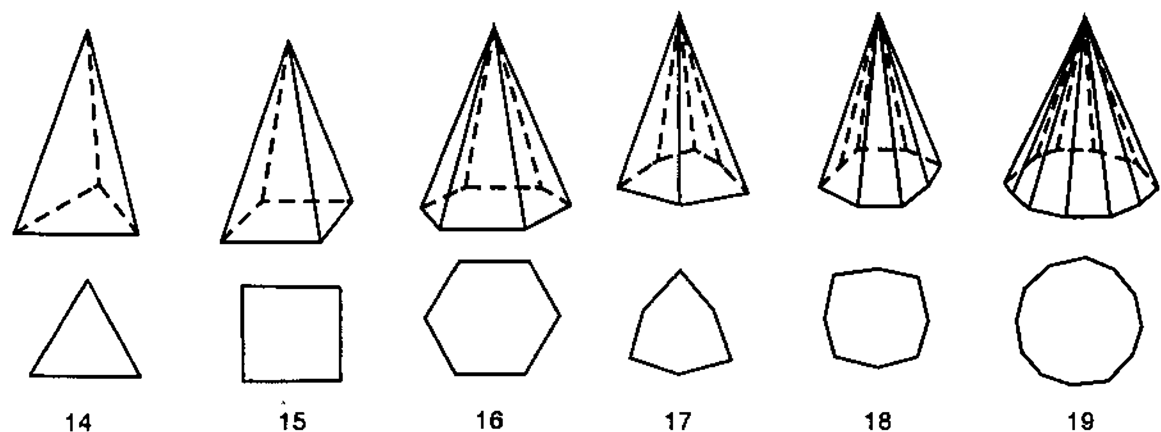
Lăng trụ: là những hình đơn có mặt tinh thể là hình chữ nhật (H.2.4). Khi gọi tên người ta lấy tên hình dạng chung và ghép vào sau nó là tinh hệ. Ví dụ lăng trụ ba phương, lăng trụ bốn phương, lăng trụ sáu phương, lăng trụ ba phương kép (khi mỗi mặt của lăng trụ lại được chia ra hai mặt), ...

Hình tháp, hình tháp đôi: là những hình đơn có mặt tinh thể là hình tam giác (H.2.5, 2.6). Hình tháp là hình đơn không tồn tại độc lập, mà phải đi cùng với hình một mặt. Hình tháp đôi gồm hai hình tháp ghép lại. Cách gọi tên giống như trường hợp hình đơn lăng trụ, ví dụ, tháp đôi bốn phương, tháp đôi bốn phương kép, tháp đôi sáu phương, tháp đôi sáu phương kép, ...



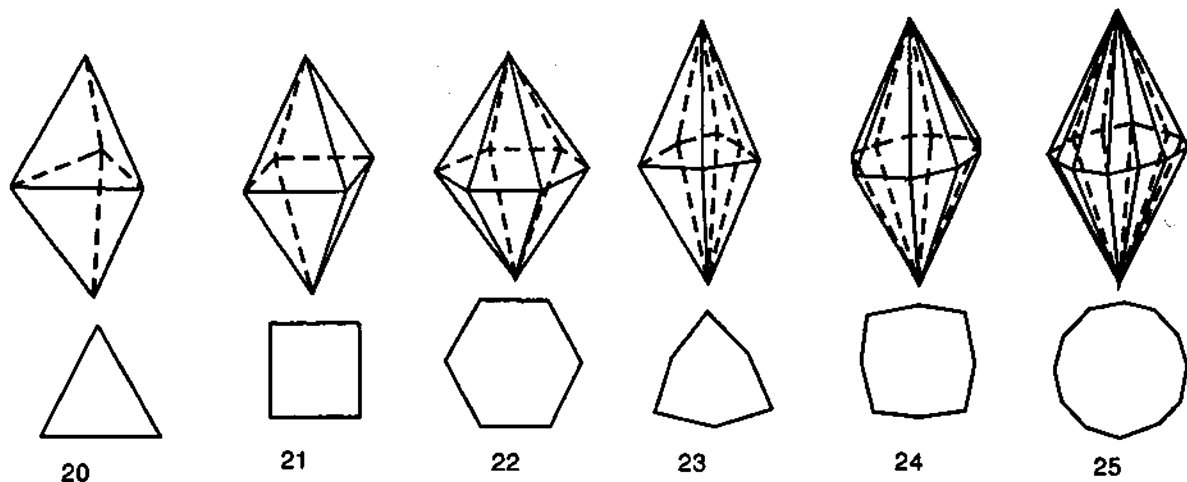
8- Lăng trụ ba phương; 9- Lăng trụ bốn phương; 10- Lăng trụ sáu phương
11- Lăng trụ ba phương kép; 12- Lăng trụ bốn phương kép; 13- Lăng trụ sáu phương kép

Hình 2.4 *Các lăng trụ hạng trung*



14- Tháp ba phương, 15- Tháp bốn phương, 16- Tháp sáu phương
17- Tháp ba phương kép, 18- Tháp bốn phương kép, 19- Tháp sáu phương kép

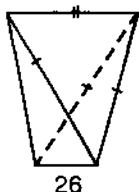
Hình 2.5 *Các hình tháp hạng trung*

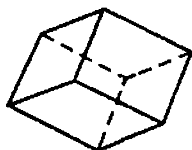


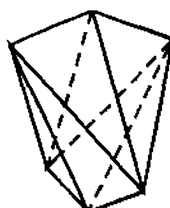
20- Tháp đôi ba phương; 21- Tháp đôi bốn phương; 22- Tháp đôi sáu phương
28- Tháp đôi ba phương kép; 24- Tháp đôi bốn phương kép; 25- Tháp đôi sáu phương kép

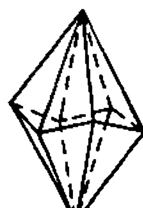
Hình 2.6 *Hình tháp đôi hạng trung*

Các hình có dạng đặc biệt: *hình tứ diện bốn phương* (mặt tinh thể là tam giác cân) (H.2.7), *hình mặt thoi* (H.2.8), *hình tam giác lệch ba phương* (xuất phát từ hình tháp đôi ba phương) và *tam giác lệch bốn phương* (xuất phát từ hình tứ diện bốn phương) (H.2.9).









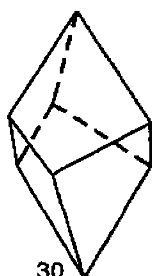
28- Bốn phương; 29- Ba phương

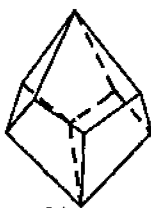
Hình 2.7 *Hình tứ diện bốn phương*

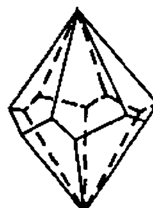
Hình 2.8 *Hình mặt thoi*

Hình 2.9 *Tam giác lệch*

Các hình đơn có mặt tinh thể hình thang gồm: *hình mặt thang ba phương, hình mặt thang bốn phương và hình mặt thang sáu phương* (H.2.10).



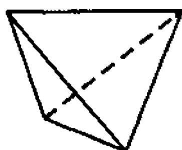


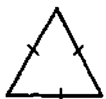


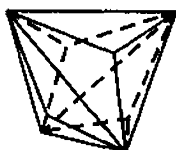
30- Hình mặt thang ba phương; 31- Hình mặt thang bốn phương; 32- Hình mặt thang sáu phương

Hình 2.10 *Các hình mặt thang*

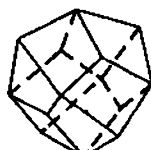
Hình đơn của tinh thể hạng cao rất phức tạp. Tất cả đều xuất phát từ những hình cơ bản như *hình tứ diện* (H.2.11) (mặt tinh thể là tam giác đều), *hình sáu mặt* (H.2.12) (hình hộp với mặt tinh thể hình vuông), *hình bát diện* (H.2.13) (mặt tinh thể là tam giác đều). Từ các mặt tinh thể của những hình cơ bản nêu trên có thể chia ra các tam giác, tứ giác, ngũ giác. Khi gọi tên đầu tiên gọi tên hình cơ bản, sau đó ghép số lượng các đa giác có trên mặt tinh thể. Ví dụ, *hình tứ diện ba tam giác, hình sáu mặt bốn tam giác, hình bát diện ba ngũ giác*, ...

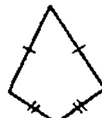


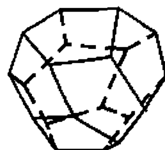


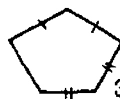


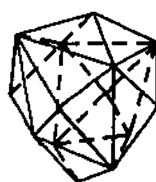


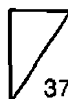






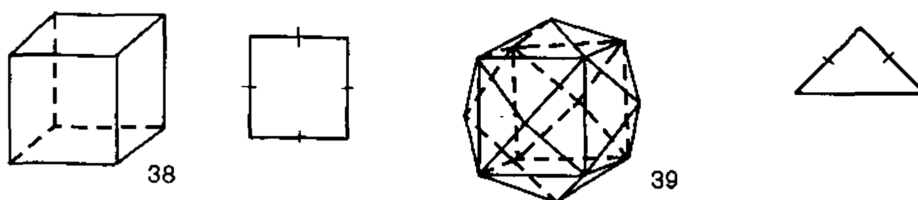






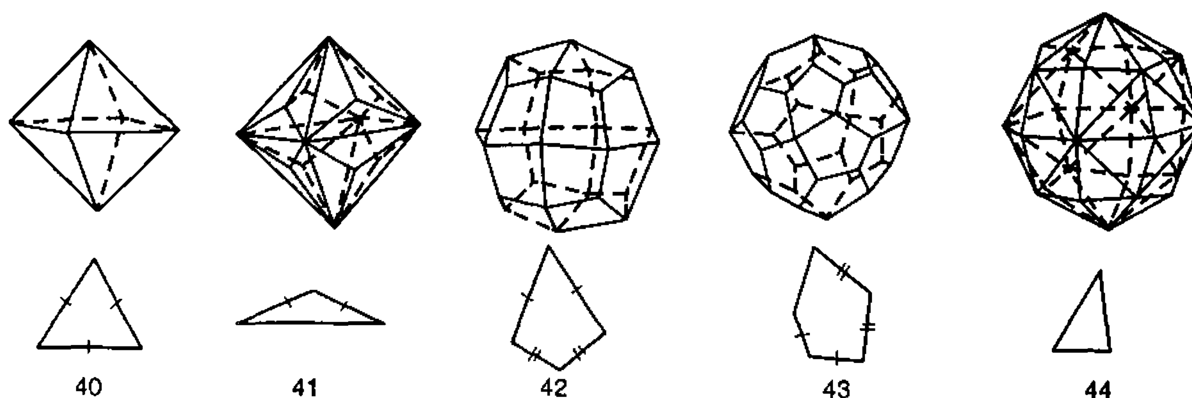
33- Hình tứ diện; 34- Hình tứ diện ba tam giác; 35- Hình tứ diện ba tứ giác
36- Hình tứ diện ba ngũ giác; 37- Hình tứ diện sáu tam giác

Hình 2.11 *Các hình đơn xuất phát từ hình đơn tứ diện*



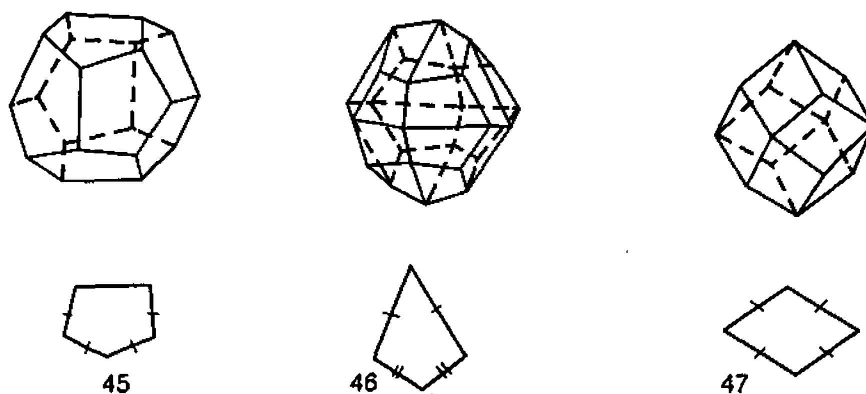
38- Hình sáu mặt; 39- Hình sáu mặt bốn tam giác

***Hình 2.12** các hình đơn xuất phát từ hình sáu mặt*



40- Hình bát diện, 41- Hình bát diện ba tam giác, 42- Hình bát diện ba tứ giác
43- Hình bát diện ba ngũ giác, 44- Hình bát diện sáu tam giác

***Hình 2.13** Các hình đơn xuất phát từ hình đơn bát diện*



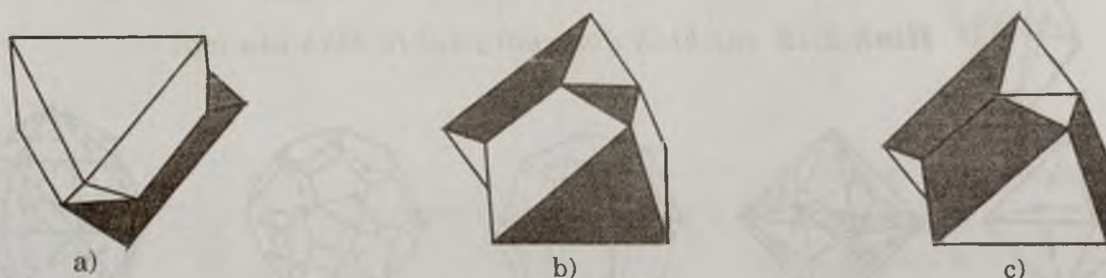
45- Hình 12 mặt ngũ giác; 46- hình 24 mặt tứ giác 47- Hình 12 mặt thoi

Hình 2.14 ***Hình 2.15***

3- Song tinh

Song tinh là sự ghép có quy luật của hai tinh thể cùng chất, trong đó tinh thể này là ảnh qua gương phản xạ của tinh thể kia; hoặc tinh thể này được suy ra từ tinh thể kia bằng cách xoay 180^0 quanh một trục. Mặt phản xạ gương gọi là *mặt song tinh*. Trục vuông góc với mặt song tinh gọi là *trục song tinh*.

Mặt ghép hai tinh thể là mặt có mật độ vật chất cao và thường trùng với mặt song tinh. Theo mặt song tinh dễ dàng quan sát được *đường khâu song tinh*. Có thể lấy ví dụ đơn giản của song tinh spinen (H.2.16a), sfalerit (H.2.16b, c). Trên hình 2.16a cho thấy hai tinh thể bát diện spinen ghép với nhau theo luật spinen. Hình b là 2 tinh thể tứ diện sfalerit ghép với nhau theo kiểu quay, còn ở hình c chúng ghép theo kiểu đối xứng qua gương.

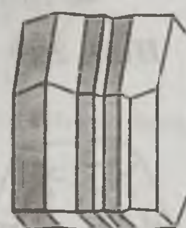


***Hình 2.16** Song tinh của hai tinh thể bát diện ghép theo luật Spinen (a) và hai tinh thể tứ diện sfalerit ghép theo kiểu xoay (b) đối xứng qua gương (c)*

Đôi khi chúng ta cũng gặp các mặt ghép song tinh có đường khâu rất phức tạp, ví dụ như fluorin (H.2.17a), pirit (H.2.17b). Kiểu ghép nhiều song tinh song song với nhau thường để lại các đường khâu giống như vết khía cát khai gặp ở plagiocla (H.2.18) và canxit gọi là song tinh đa hợp.

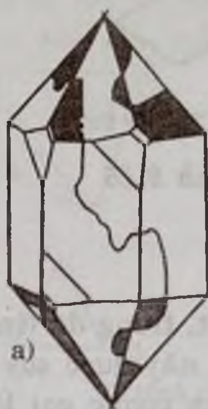




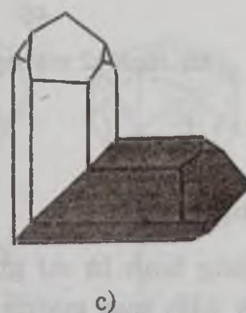


***Hình 2.17** a) Song tinh pirit*
b) Song tinh fluorin

***Hình 2.18** Song tinh đa hợp của plagiocla ghép theo luật anbit*

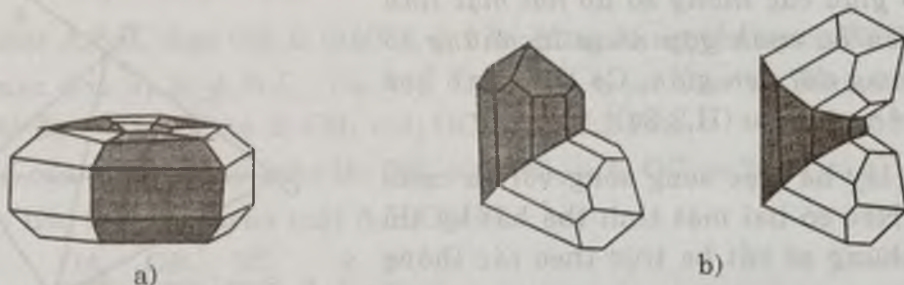




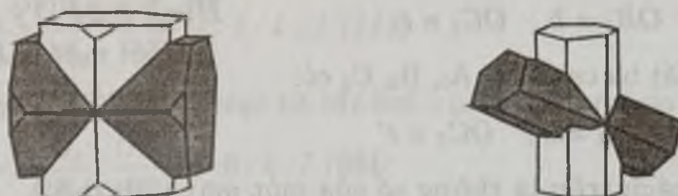


***Hình 2.19** Song tinh thạch anh ghép theo luật: a)Dofine; b)Braxin; c)Nhật Bản*

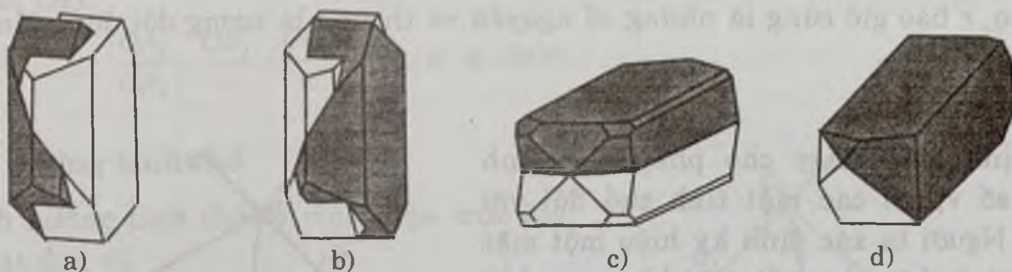
Chúng ta nhận thấy các khoáng vật hệ lập phương ghép song tinh theo luật spinen và luật kim cương (H.2.16). Các khoáng vật hệ ba phương như thạch anh có kiểu song tinh Dofine, Braxin hay Nhật Bản (H.2.19a, b, c). Caxiterit, rutin kết tinh trong hệ bốn phương hay gặp song tinh kiểu tuần hoàn (H.2.20a) và song tinh hình khuỷu (H.2.20b). Tinh thể hệ thoi có song tinh chữ thập đặc trưng đối với storolit (H.2.21). Fenpat thường có song tinh cacbat, song tinh baven và song tinh manbach (H.2.22a, b, c). Đối với thạch cao thường gặp song tinh đuôi én (H.2.23).



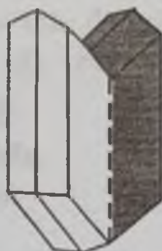
***Hình 2.20** Song tinh tuần hoàn (a) và song tinh hình khuỷu (b) đặc trưng cho caxiterit, rutin*



***Hình 2.21** Song tinh chữ thập ghép theo luật Storolit*



***Hình 2.22** Song tinh sanidin ghép theo luật Cacbat phải (a), Cacbat trái (b); Song tinh octocla ghép theo luật Baven (c) và Manbach (d)*



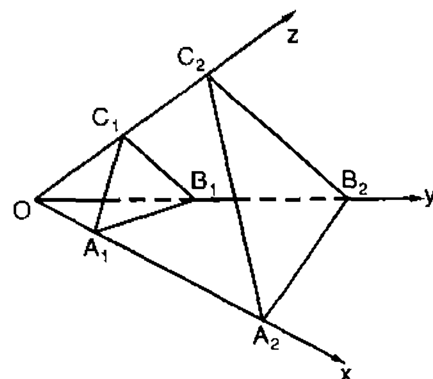
***Hình 2.23** Song tinh đuôi én của thạch cao*

2.2 KÝ HIỆU TINH THỂ

Để hiểu được đầy đủ tinh thể, ngoài dạng đối xứng, hình đơn, cần phải dùng đến ký hiệu tinh thể, nghĩa là dùng những con số đơn giản để ký hiệu cho mặt và trục trong tinh thể.

1- Định luật về các tỷ số hữu tỷ giữa các thông số - định luật Hauy

Tỷ số giữa các thông số do hai mặt tinh thể cắt trên ba cạnh gặp nhau là những số nguyên tương đối đơn giản. Có thể minh họa định lý trên như sau (H.2.24):



Hình 2.24 *Tỷ số giữa các thông số do hai mặt $A_1B_1C_1$ và $A_2B_2C_2$ trên ba cạnh Ox, Oy, Oz là số nguyên*

Từ O lấy ba trục song song với ba cạnh tinh thể. Nếu có hai mặt tinh thể bất kỳ thì lần lượt chúng sẽ cắt ba trục theo các thông số sau:

Mặt thứ nhất cắt ba cạnh tai A_1, B_1, C_1 có:

$OA_1 = a, \quad OB_1 = b, \quad OC_1 = c$

Mặt thứ hai cắt ba cạnh tại A_2, B_2, C_2 có:

$OA_2 = a', \quad OB_2 = b', \quad OC_2 = c'$

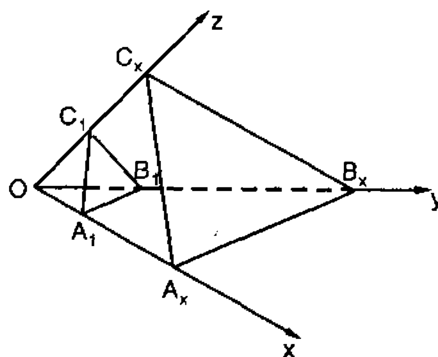
Các khoảng cách trên là thông số của một mặt tinh thể.

Nếu ta lập một tỷ số kép: $\frac{OA_2}{OA_1} : \frac{OB_2}{OB_1} : \frac{OC_2}{OC_1} = p : q : r$

thì *p, q, r* bao giờ cũng là những số nguyên và thường là tương đối đơn giản.

2- Ký hiệu mặt

Định luật Hauy cho phép xác định bằng số vị trí các mặt tinh thể đối với nhau. Người ta xác định ký hiệu một mặt bằng cách dựa vào một mặt khác sau khi đã chọn cắt trên ba trục tọa độ làm mặt đơn vị (H.2.25). Ký hiệu một mặt là xác định vị trí của nó đối với mặt đơn vị.



Hình 2.25 *Định luật Hauy cho phép ký hiệu mặt $A_xB_xC_x$ bất kỳ sau khi chọn $A_1B_1C_1$ làm mặt đơn vị*

Lấy $A_1B_1C_1$ làm mặt đơn vị,

OA_1: đơn vị dài trên Ox

OB_1: đơn vị dài trên Oy

OC_1: đơn vị dài trên Oz.

Mặt $A_xB_xC_x$ là một mặt bất kỳ. Ta phải tìm ký hiệu cho mặt đó.

Theo định luật Hauy ta có:

$$\frac{OA_x}{OA_1}:\frac{OB_x}{OB_1}:\frac{OC_x}{OC_1} = p : q : r$$

Theo quy ước các chỉ số của mặt $A_xB_xC_x$ là:

$$\frac{1}{\dfrac{OA_x}{OA_1}} : \frac{1}{\dfrac{OB_x}{OB_1}} : \frac{1}{\dfrac{OC_x}{OC_1}} = \frac{OA_1}{OA_x} : \frac{OB_1}{OB_x} : \frac{OC_1}{OC_x} = h : k : l$$

Ký hiệu mặt $A_xB_xC_x$ được viết là (hkl). h, k, l là những số nguyên tương đối đơn giản.

Ví dụ: mặt đơn vị là $A_1B_1C_1$; *Ox, Oy, Oz* là ba trục. Tìm ký hiệu mặt $A_2B_2C_2$. Thông số mặt đơn vị là $OA_1 = 2$, $OB_1 = 3$, $OC_1 = 1$ (H.2.26).

Thông số của mặt cần ký hiệu là: $OA_2 = 6$, $OB_2 = 4$, $OC_2 = 2$.

Theo quy ước thì chỉ số của mặt $A_2B_2C_2$ là:

$$\frac{OA_1}{OA_2}:\frac{OB_1}{OB_2}:\frac{OC_1}{OC_2} = \frac{2}{6}:\frac{3}{4}:\frac{1}{2}$$

Ký hiệu mặt đơn vị:

$$\frac{OA_1}{OA_1}:\frac{OB_1}{OB_1}:\frac{OC_1}{OC_1} = 1 : 1 : 1\ (111)$$

Ký hiệu mặt song song với một trục và cắt hai trục còn lại (ví dụ song song với Ox):

$$\frac{OA_1}{\infty}:\frac{OB_1}{OB_x}:\frac{OC_1}{OC_x} = 0 : k : l\ (0kl)$$

Trong trường hợp trên mặt song song với trục nào thì ta coi mặt cắt trục đó ở vô cực.

Ký hiệu mặt song song với hai trục và cắt một trục (ví dụ song song với trục Oy và Oz, cắt Ox):

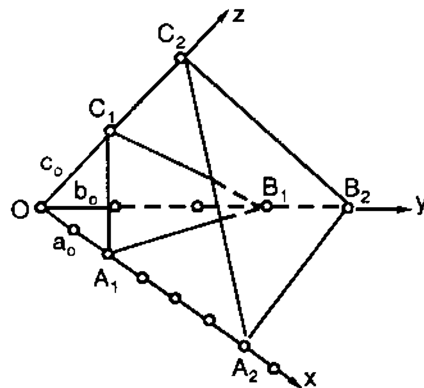
$$\frac{OA_1}{OA_x}:\frac{OB_1}{\infty}:\frac{OC_1}{\infty} = h : 0 : 0\ (h00)$$

3- Định hướng tinh thể

Định hướng tinh thể là việc chọn trục tọa độ và mặt đơn vị.

Mặt đơn vị được xác định bằng những đơn vị dài trên các trục tọa độ.

Để biểu thị được sự định hướng tinh thể, cần chú ý đến góc giữa các trục tọa độ và những đơn vị dài mà mặt đơn vị cắt trên ba trục tọa độ.



***Hình 2.26** Ký hiệu cụ thể mặt $A_2B_2C_2$ khi biết các thông số hàng mạng a_o, b_o, c_o*

Người ta quy ước:

Góc giữa *Oy* và *Oz* = α

Góc giữa *Ox* và *Oz* = β

Góc giữa *Ox* và *Oy* = γ

và gọi các tọa độ dài mà mặt đơn vị cắt trên ba trục là: $OA_1 = a_o$; $OB_1 = b_o$; $OC_1 = c_o$.

Các góc α, β, γ và tỷ số

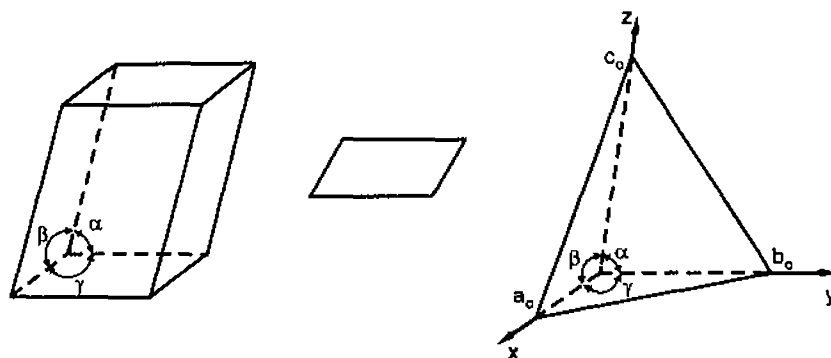
$$\frac{a_o}{b_o}:\frac{b_o}{b_o}:\frac{c_o}{b_o} = a : 1 : c$$ gọi là các hằng số hình học.

Phép định hướng các tinh thể hệ ba xiên

Các tinh thể thuộc hệ này chỉ có tâm C, nên chọn trục tọa độ theo các cạnh thật hoặc cạnh có thể có (H.2.27).

Mặt đơn vị cắt ba trục với những khoảng cách khác nhau, $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90°$; $a_o \neq b_o \neq c_o$, vậy hằng số hình học của các tinh thể thuộc hệ này là α, β, γ; *a : 1: c.*

Thông thường khi định hướng, trục *Oz* trùng với đới phát triển nhất. Các trục tọa độ có thể trùng với cạnh thực hoặc cạnh có thể có.



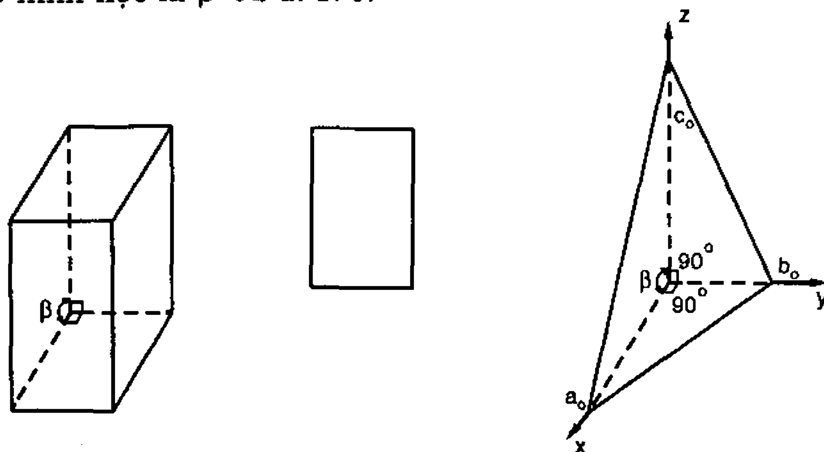
Hình 2.27 *Định hướng cho các tinh thể hệ ba xiên*

Phép định hướng các tinh thể thuộc hệ một xiên

Các tinh thể thuộc hệ này có các yếu tố đối xứng L_2, P, L_2PC .

Người ta quy ước trục *Oy* hoặc trùng với trục L_2 hoặc thẳng góc với mặt P (mặt đối xứng), các trục *Ox* và *Oz* nằm trong mặt phẳng thẳng góc với *Oy* (L_2). Mặt đơn vị cắt ba trục với những khoảng cách khác nhau: $\alpha = \gamma = 90° \neq \beta$; $a_o \neq b_o \neq c_o$ (H.2.28).

Hằng số hình học là β *và a: 1: c.*



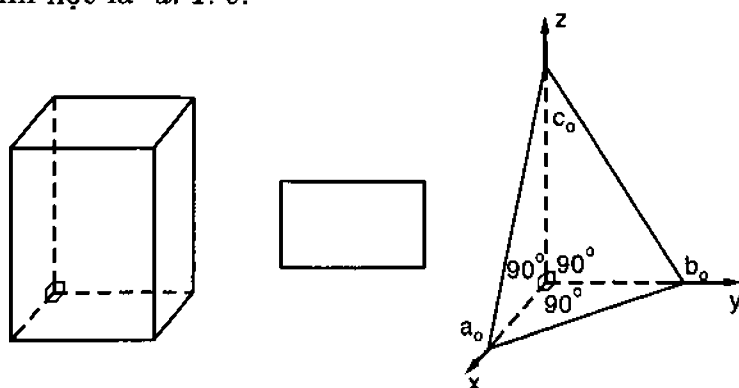
Hình 2.28 *Định hướng cho các tinh thể hệ một xiên*

Phép định hướng các tinh thể thuộc hệ thoi

Trong các tinh hệ này người ta chọn ba trục tọa độ trùng với ba trục L_2, hoặc một trục trùng với trục L_2 còn hai trục kia thẳng góc với hai mặt phẳng P. Cả hai trường hợp luôn có trục L_2 ở vị trí thẳng đứng.

Mặt đơn vị cắt ba trục theo những đoạn khác nhau: $\alpha = \beta = \gamma = 90^o$; $a_o \neq b_o \neq c_o$ (H.2.29).

Hằng số hình học là *a: 1: c*.

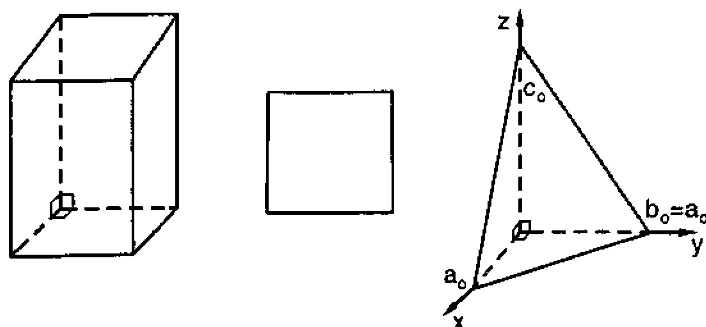


***Hình 2.29** Định hướng cho các tinh thể hệ thoi*

Phép định hướng các tinh thể thuộc hệ bốn phương

Chọn trục *Oz* luôn trùng với trục L_4 , các trục *Ox* và *Oy* nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục *Oz*, hoặc trùng với trục L_2 hoặc vuông góc với mặt P. Ở đây $\alpha = \beta = \gamma = 90^o$ và $a_o = b_o \neq c_o$ (H.2.30).

Hằng số hình học là *1: 1: c*.

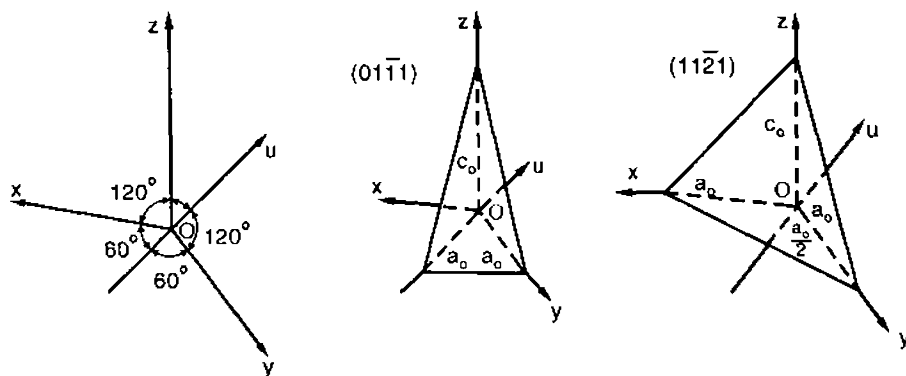


***Hình 2.30** Định hướng cho các tinh thể hệ bốn phương*

Phép định hướng các tinh thể thuộc hệ ba phương và sáu phương

Trong tinh thể thuộc hệ ba phương và sáu phương người ta chọn hệ bốn trục tọa độ: *x, y, u, z*.

Trục *Oz* luôn trùng với trục L_3 hoặc L_6 (Li_6). Các trục *Ox, Ou, Oy* nằm trong mặt phẳng vuông góc với trục *Oz*, có thể trùng với trục L_2 hoặc vuông góc với mặt P. Chúng phân bố tạo với nhau một góc 120^o (H.2.31).



Hình 2.31 *Định hướng cho các tinh thể hệ ba phương và sáu phương*

Trong tinh hệ ba phương và sáu phương có hai cách chọn mặt đơn vị:

1- Mặt đơn vị cắt hai trục trên mặt nằm ngang những đoạn như nhau, cắt trục *Oz* thẳng đứng một đoạn khác hai trục kia và song song với trục thứ ba trong mặt phẳng nằm ngang. Mặt đơn vị sẽ ký hiệu là *(0111)*.

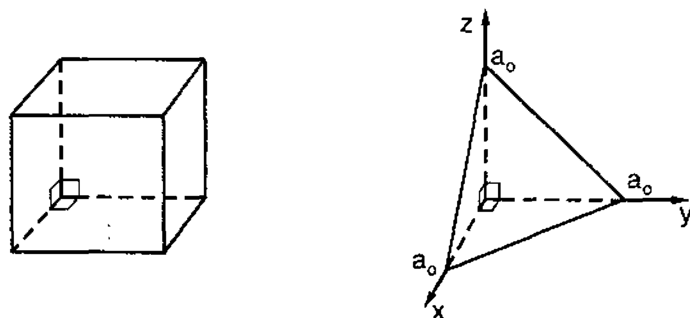
2- Mặt đơn vị cắt hai trục trong mặt phẳng nằm ngang những đoạn bằng nhau, cắt trục thứ ba một đoạn bằng nửa đoạn cắt trên hai trục kia, còn cắt trục *Oz* một đoạn khác. Mặt đơn vị sẽ ký hiệu là *(1121)*.

Hằng số hình học là *1 : 1 : 1 : c*.

Chú ý trong ký hiệu của các tinh thể hệ này chỉ số thứ ba bao giờ cũng bằng tổng đại số của hai chỉ số đầu và ngược dấu.

Phép định hướng các tinh thể thuộc hệ lập phương

Trong hệ này bao giờ cũng có ba trục bậc chẵn vuông góc với nhau, hoặc $3L_4$, $3Li_4$ hoặc $3L_2$. Như vậy có thể chọn ba trục tọa độ trùng với $3L_4$, $3Li_4$ hay $3L_2$ (H.2.32).



Hình 2.32 *Định hướng cho tinh thể hệ lập phương*

Mặt đơn vị cắt đều trên ba trục tọa độ, ta có $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$, và $a_o = b_o = c_o$, không có hằng số hình học.

4- Ký hiệu cạnh tinh thể

Muốn tính ký hiệu một cạnh tinh thể, người ta tịnh tiến cạnh đó về gốc tọa độ. Lấy một điểm bất kỳ với tọa độ (x,y,z) trên nó.

Nếu thông số mặt đơn vị là a_o, b_o, c_o thì chỉ số ký hiệu cạnh đó là:

$$\frac{x}{a_o} : \frac{y}{b_o} : \frac{z}{c_o} = r : s : t$$

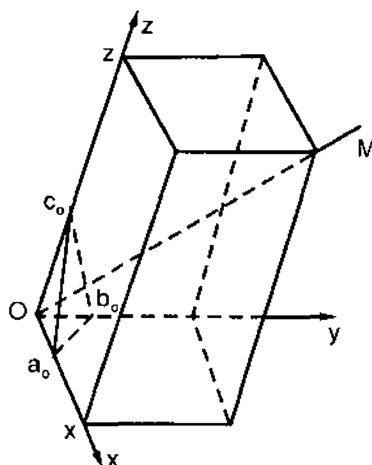
trong đó *r, s, t* là những số nguyên và ký hiệu cạnh đó được viết là [rst] (H.2.33). Theo quy ước này những cạnh song song nhau sẽ có cùng một ký hiệu.

Có thể lấy ví dụ đơn giản là tìm ký hiệu cho các trục *Ox* , *Oy*, *Oz*.

Trên trục *Ox* lấy một điểm A, điểm này có toạ độ (a_o, *0*, *0*). Ta có tỷ số:

$$\frac{a_o}{a_o} : \frac{b_o}{\infty} : \frac{c_o}{\infty} = 1 : 0 : 0$$

và ký hiệu của trục *Ox* là [100]. Tương tự trục *Oy* sẽ có ký hiệu [010] và trục *Oz* có ký hiệu là [001].



***Hình 2.33** Ký hiệu cạnh tinh thể OM với các thông số mặt đơn vị là a_o, b_o, c_o*

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 2

2.1. Hộp diêm, hộp phấn viết, kim tự tháp Ai Cập có phải là dạng một hình đơn không? Tại sao?

2.2. Hãy phân biệt các hình đơn sau đây bằng cách tìm đầy đủ các yếu tố đối xứng của chúng:

a) Bát diện (H.2.1).

b) Tháp đôi hệ thoi (số 7 H.2.3)

c) Tháp đôi bốn phương (số 21 H.2.6).

2.3. Lấy hình đơn tháp bốn phương (số 15 H.2.5) đặt chồng lên hình đơn lăng trụ bốn phương (số 9 hình 2.4). Tìm các yếu tố đối xứng trong hình ghép mới được tạo thành.

2.4. Một hình đơn sáu mặt (hình lập phương), nếu ép hình đó theo hướng một trục bậc ba bất kỳ thì sẽ tạo ra hình đơn gì? Có những yếu tố đối xứng nào trên hình đơn này? Hãy nhận xét sự biến đổi của các yếu tố đối xứng trong hình đơn cũ và mới.

2.5. Khi có hai hoặc nhiều hình đơn ghép với nhau thì hạng của tinh thể có thay đổi không? Cho vài *ví dụ* minh hoạ.

2.6. Mặt song tinh và mặt ghép song tinh khác nhau như thế nào?

2.7. Hãy tìm mặt song tinh và trục song tinh trên (H.2.16). Thử xác định bậc của các trục này.

2.8. Trên hình 2.32 mặt đơn vị của khối lập phương cắt đều trên ba trục. Hãy xác định ký hiệu của mỗi mặt trên hình lập phương đó.

2.9. Hãy xác định ký hiệu của các cạnh song song với trục L_4 trên hình lăng trụ bốn phương (H.2.33).

Chương 3

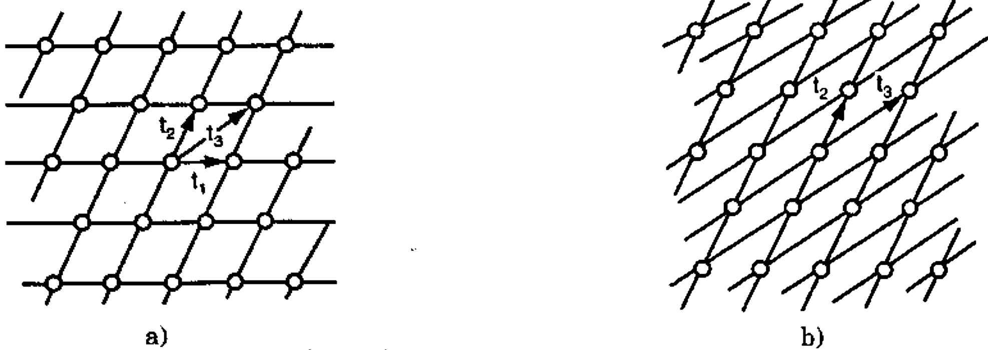
KIẾN TRÚC MẠNG KHÔNG GIAN TRONG TINH THỂ

Trong những phần trước đã trình bày những đặc điểm về hình học tinh thể. Để hiểu được mối liên hệ giữa các trục và hình thái, lý tính và thành phần hóa học cần phải khảo sát cấu trúc bên trong của tinh thể.

3.1 Ô MẠNG CƠ SỞ VÀ 14 Ô MẠNG CỦA BRAVE

Trong phần nói về kiến trúc mạng đã nêu mạng không gian là một hệ thống những hình hộp bằng nhau kéo dài vô tận. Mỗi một hình hộp như vậy được gọi là một *ô mạng*. Trong cùng một mạng tinh thể có vô số cách chọn kiểu ô mạng khác nhau.

Có thể lấy *ví dụ* một mặt mạng của tinh thể thuộc hệ thoi. Ta có thể chọn đáy ô mạng theo hình bình hành như trong hình 3.1. Bây giờ làm thế nào để chọn được một ô mạng trong mạng không gian mà ô mạng ấy đặc trưng cho tinh hệ?



***Hình 3.1** Chọn đáy ô mạng theo hình bình hành cạnh t_1 và t_2 (a) hoặc theo cạnh t_2 và t_3 (b)*

Để giải quyết vấn đề này Brave đã chọn một loại ô mạng đặc trưng cho toàn bộ mạng tinh thể gọi là ô mạng cơ sở. Ô mạng cơ sở của Brave phải thỏa mãn những yêu cầu sau:

1- Tinh hệ của ô mạng được chọn phải phù hợp với tinh hệ trong toàn mạng, nói cách khác là nó phải phù hợp với tinh hệ của tinh thể.

2- Số cạnh và góc (giữa các cạnh) bằng nhau phải cực đại.

3- Số góc vuông giữa các cạnh phải cực đại.

4- Thể tích của ô mạng phải cực tiểu.

Bảng 3.1 *Mười bốn ô mạng cơ sở của Brave*

Thể / Tinh hệ	Nguyên thủy P	Tâm đáy C	Tâm khối I	Tâm mặt Fs
Ba xiên				
Một xiên				
Thoi				
Ba phương				
Bốn phương				
Sáu phương				
Lập phương				

Dựa vào những điều kiện đó và xuất phát từ hình dạng của tinh thể thật, Brave đã suy ra được 14 ô mạng cơ sở thuộc 7 tinh hệ khác nhau. Phân tích bằng tia X đã chứng tỏ lý thuyết của Brave là hoàn toàn đúng đắn. Vì vậy 14 ô mạng cơ sở trên mang tên của Brave (bảng 3.1).

Trong 14 ô mạng cơ sở của Brave người ta chia làm bốn thể:

1- Thể nguyên thủy (P): các nút mạng chỉ nằm ở đỉnh ô mạng.

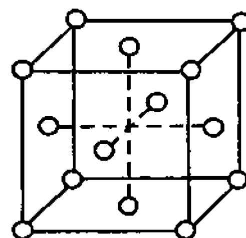
2- Thể tâm đáy (C): nút mạng nằm ở đỉnh và ở tâm của hai đáy song song với nhau.

3- Thể tâm khối (I): nút mạng nằm ở đỉnh và ở tâm của ô mạng.

4- Thể tâm mặt (F): nút mạng nằm ở đỉnh và ở tâm các mặt.

Đặc trưng cho các kiểu và thể ô mạng trong các tinh hệ được giới thiệu trong bảng 3.1.

Mỗi tinh thể có một kiến trúc mạng không gian nhất định và theo một ô mạng cơ sở nhất định. Ví dụ, Cu tự nhiên có ô mạng cơ sở lập phương tâm mặt (H.3.2).



***Hình 3.2** Kiến trúc tinh thể Cu*

3.2 CÁC YẾU TỐ ĐỐI XỨNG CỦA MẠNG KHÔNG GIAN

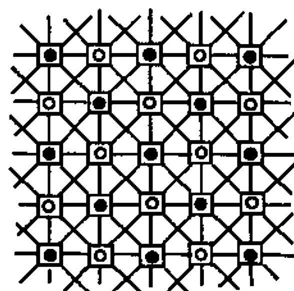
Mạng không gian là một hình vô hạn. Tất cả các yếu tố đối xứng trong hình hữu hạn đều thể hiện trong hình vô hạn. Trong hình vô hạn mỗi một loại yếu tố đối xứng sẽ có vô số yếu tố đối xứng cùng loại song song với nó.

Ví dụ, trong tinh thể muối ăn NaCl có L_4 vuông góc với mặt lập phương (H.3.3). Trên hình chiếu của mặt mạng song song với mặt lập phương ta thấy có vô số trục L_4 qua ion Cl^-, Na^+ song song với nhau, tương tự ta cũng có vô hạn mặt đối xứng song song với nhau.

Trong số các yếu tố đối xứng của hình vô hạn, ngoài các yếu tố đối xứng C, P, L_2, L_3, L_4, L_6, Li_4 và Li_6 còn có thêm trục tịnh tiến, các mặt ảnh trượt và trục xoắn ốc.

Ví dụ: trong tinh thể muối ăn NaCl có L_4 vuông góc với mặt lập phương (H.3.3). Trên hình chiếu của mặt mạng song song với mặt lập phương ta thấy có vô số trục L_4 qua ion Cl^-, Na^+ song song với nhau, tương tự ta cũng có vô hạn mặt đối xứng song song với nhau.

Trong số các yếu tố đối xứng của hình vô hạn, ngoài các yếu tố đối xứng C, P, L_2, L_3, L_4, L_6, Li_4 và Li_6 còn có thêm trục tịnh tiến, các mặt ảnh trượt và trục xoắn ốc.

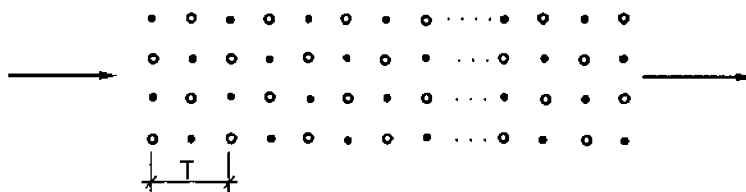


O Ion Cl^-; • Ion Na^+; □ trục L4; |\ mặt P

***Hình 3.3** Mặt mạng của tinh thể NaCl*

1- Trục tịnh tiến

Trục tịnh tiến là một hướng ở trong hình vô hạn có tính chất là khi dịch chuyển song song với nó một đoạn dài xác định thì hình lặp lại vị trí cũ. Trục tịnh tiến được đánh dấu bằng mũi tên. Độ dài dịch chuyển ngắn nhất để cho hình trở lại vị trí cũ gọi là *bước tịnh tiến* ký hiệu là T (H.3.4).



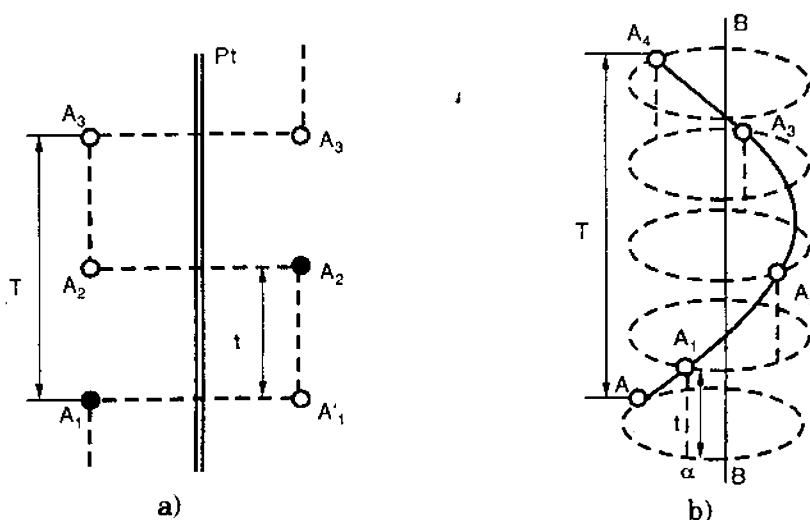
***Hình 3.4** Trục tịnh tiến (đánh dấu bằng mũi tên với bước tịnh tiến T)*

2- Mặt ảnh trượt

Mặt ảnh trượt được thiết lập bởi một tập hợp gồm một mặt phẳng đối xứng cộng thêm một phép tịnh tiến song song với nó và tác dụng đồng thời.

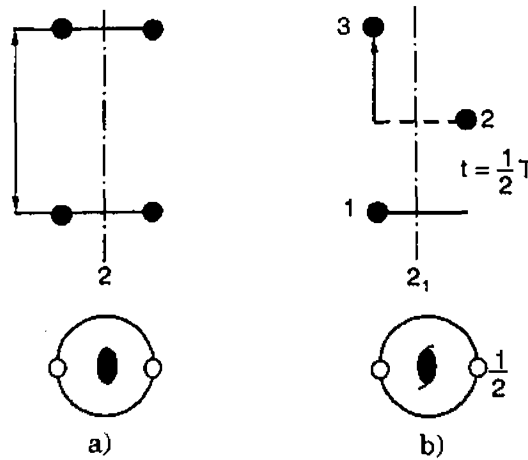
Các mặt ảnh trượt có loại *a, b, c, n, d*. Mặt ảnh trượt *a, b, c* có mặt tịnh tiến song song với các trục kết tinh a, b, c với bước tịnh tiến T = 1/2 bước tịnh tiến của các trục kết tinh đó (1/2a, 1/2b, 1/2c). Các mặt *n, d* có trục tịnh tiến song song với đường chéo của ô mạng cơ sở, trong đó mặt *n* có bước tịnh tiến T = 1/2 (b + c), 1/2 (a +b), còn mặt *d* có T = 1/4 (b +c), 1/4 (c + a),1/4 (a +b).

Trên hình 3.5, các nút A_1, A_2, A_3 cho tác dụng qua Pt rồi tịnh tiến một đoạn T thì toàn bộ hệ thống mạng lại trùng với nó.

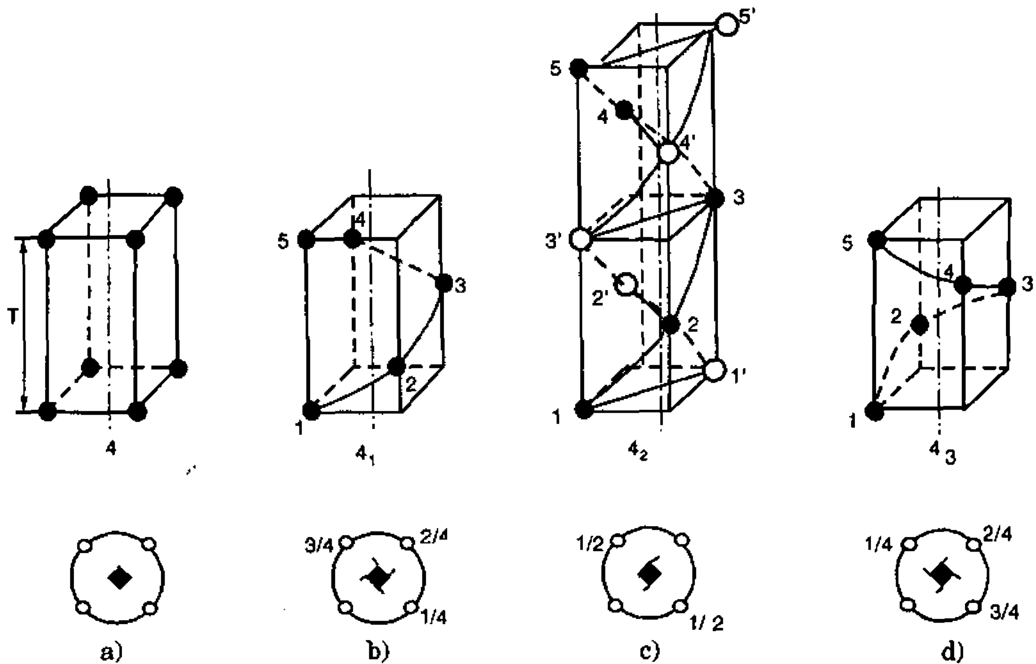


***Hình 3.5** Mặt ảnh trượt (Pt) với bước trượt t (a) và trục xoắn ốc (BB) với bước trượt t (b) T là bước tịnh tiến trong cả hai trường hợp*

3- Trục xoắn ốc



***Hình 3.6** Trục bậc hai giản đơn (a) và trục xoắn ốc bậc hai (b)*



***Hình 3.7** Các trục bậc bốn: 4- Giản đơn (a); 4_1 - Phải (b) 4_2-Trung hòa (c) và 4_3 - Trái (d) Trục trung hòa không phân biệt được phải, trái*

Trục xoắn ốc là một tập hợp gồm một trục đối xứng và một phép tịnh tiến song song với trục tác dụng đồng thời.

Trục xoắn ốc trong tinh thể có thể là trục bậc hai, bậc ba, bậc bốn, bậc sáu giống như trục đơn giản và trục nghịch đảo.

Người ta qui ước có trục xoắn ốc phải và trái. Nếu *trục xoắn ốc phải* thì chiều quay quanh nó theo chiều kim đồng hồ, còn *trục xoắn ốc trái* thì ngược lại - quay ngược chiều kim đồng hồ. Ngoài ra còn có loại trục xoắn ốc trùng với trục đối xứng đơn giản.

Ký hiệu các trục xoắn ốc như sau:

2_1 trục xoắn ốc bậc 2 phải và trái.

3_1 và 3_2 trục xoắn ốc bậc 3 phải và trái.

4_1, 4_2 và 4_3 trục xoắn ốc bậc 4 phải, trung hòa và trái.

6_1, 6_2, 6_3, 6_4, 6_5 trục xoắn ốc bậc 6 phải (6_1 và 6_2), trung hòa (6_3) và trái (6_4, 6_5).

Có thể nêu một vài ví dụ về trục xoắn ốc. Trục bậc hai giản đơn và trục xoắn ốc bậc 2 được biểu diễn trên hình 3.6. Các trục bậc bốn phức tạp hơn, ngoài trục xoắn ốc phải và trái, còn có trục xoắn ốc trung hòa - là trục không phân biệt được phải và trái (H.3.7).

3.3 HAI TRĂM BA MƯƠI NHÓM KHÔNG GIAN

Như đã biết, tổ hợp các yếu tố đối xứng của hình hữu hạn sẽ cho 32 lớp đối xứng khác nhau. Tổ hợp các yếu tố trong hình vô hạn sẽ cho ta 230 nhóm đối xứng trong không gian. Năm 1890 nhà tinh thể học người Nga Fedorov E.C. và nhà toán học người Đức Soflis đã đồng thời công bố phát hiện 230 nhóm không gian trong tinh thể.

Nếu trong nhóm không gian loại trừ phép tịnh tiến, nghĩa là làm mặt ảnh trượt và trục xoắn ốc trở thành mặt đối xứng bình thường và trục quay bình thường thì sẽ có 32 lớp đối xứng.

Ngược lại cho các yếu tố đối xứng của hình hữu hạn, thêm các phép tịnh tiến, biến mặt đối xứng và trục quay thành mặt ảnh trượt và xoắn ốc thì sẽ chuyển được 32 lớp đối xứng thành 230 nhóm không gian, gọi là nhóm không gian Fedorov (phụ lục 3).

Việc nghiên cứu các yếu tố đối xứng trong mạng tinh thể và ký hiệu các nhóm không gian được trình bày chi tiết trong các sách chuyên sâu của môn tinh thể học.

3.4 CÁC ĐẶC ĐIỂM HOÁ TINH THỂ

1- Bán kính nguyên tử và bán kính ion

Khi nghiên cứu một kiến trúc nào đó của tinh thể người ta thường chú ý đến khoảng cách giữa các đơn vị kiến trúc (ion, nguyên tử, phân tử ....), tức là phải xác định khoảng cách tối thiểu không vượt qua được giữa hai đơn vị kiến trúc. Để xác định khoảng cách đó người ta mô tả quả cầu hiệu dụng mà bên trong nó không có một nguyên tử hay một ion nào có thể lọt vào được, còn gọi là quả cầu nguyên tử hay ion. Bán kính của nó là bán kính nguyên tử và ion (khoảng cách cực tiểu mà tâm của quả cầu của nguyên tử hay ion đó có thể tiến gần tới bề mặt quả cầu của nguyên tử hay ion bên cạnh).

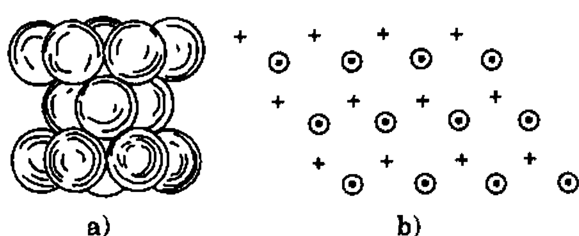
Hiện nay nhờ phép phân tích kiến trúc tinh thể, người ta có thể dựa vào để tính được một cách tương đối bán kính nguyên tử và ion của các chất.

2- Sự chồng khít các quả cầu hiệu dụng

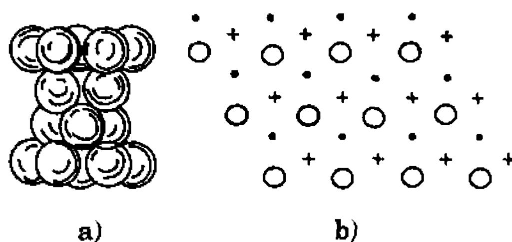
Nếu coi kiến trúc của tinh thể giống như tập hợp các quả cầu nguyên tử (ion) tiếp xúc với nhau thì chúng ta sẽ tưởng tượng được sự chồng khít (xếp đặt) các quả cầu với bán kính bằng bán kính nguyên tử (ion) gọi là sự chồng khít các quả cầu hiệu dụng.

Ta hãy xét trường hợp đơn giản khi mạng gồm các đơn vị kiến trúc giống nhau (các quả cầu giống nhau). Khi chồng khít, ta lần lượt xếp khít các quả cầu ở lớp thứ nhất, rồi đặt các quả cầu tương tự lên trên lớp cầu thứ nhất sao cho các quả cầu lấp đầy các hổng do lớp một tạo nên (H.3.8 và H.3.9).

Tiếp tục xếp lớp ba. Nếu các quả cầu lớp ba trùng với lớp một thì gọi là kiểu chồng khít sáu phương (H.3.8). Nếu các quả cầu lớp 3 chưa trùng với lớp 1 thì gọi là kiểu chồng khít lập phương (H.3.9).



***Hình 3.8** Kiểu chồng khít sáu phương: a) Dạng chung; b) Tâm các quả cầu (nhìn theo hình chiếu bằng) với O là tâm quả cầu lớp thứ nhất, + của lớp thứ hai, • của lớp thứ ba*



***Hình 3.9** Kiểu chồng khít lập phương: a) Dạng chung, b) Tâm các quả cầu (nhìn theo hình chiếu bằng) với O là tâm quả cầu lớp thứ nhất, + của lớp thứ hai, • của lớp thứ ba*

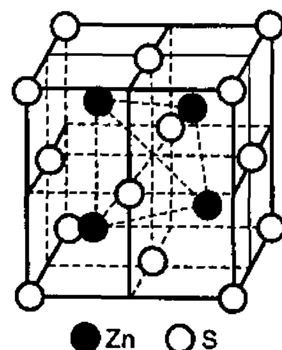
3- Số phối trí và đa diện phối trí

Ở trên chúng ta đã biết khái niệm quả cầu hiệu dụng. Số lượng các quả cầu hiệu dụng của cùng một loại nguyên tử hoặc ion bao quanh một quả cầu hiệu dụng của một nguyên tử hoặc một ion cho trước gọi là *số phối trí*.

Trong tinh thể ion người ta tính số phối trí là số quả cầu hiệu dụng của anion bao quanh quả cầu cation.

Số phối trí có thể là 2, 3, 4, 6, 8, 12.

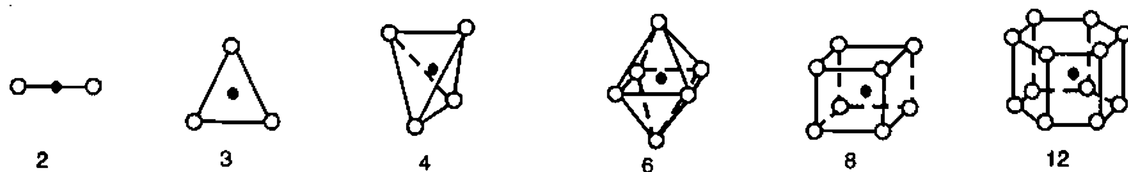
Có thể nêu ví dụ, (H.3.10) là kiến trúc của tinh thể sfalerit (ZnS). Nó thuộc dạng ô mạng lập phương tâm mặt. Số phối trí của Zn là 4 (số ion S^{-2} vây quanh ion Zn^{+2} là 4).



***Hình 3.10** Cấu trúc của ZnS*

Nếu nối tâm các quả cầu bao quanh lại ta được một đa diện gọi là *đa diện phối trí* (ở đây phải tưởng tượng là các quả cầu bao quanh và bị

bao quanh đều xếp khít với nhau). Các dạng đa diện phối trí thường gặp là đường thẳng, tam giác, hình tứ diện, bát diện, hình hộp lập phương và lăng trụ sáu phương (H.3.11).



Số phối trí: 2- Đường thẳng; 3- Tam giác; 4- Tứ diện; 6- Bát diện; 8- Lập phương; 12- Lăng trụ sáu phương

Hình 3.11 *Các dạng đa diện phối trí thường gặp*
(con số ghi ở dưới hình vẽ chỉ số phối trí của cation)

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 3

3.1. Ô mạng cơ sở phải thỏa mãn những điều kiện gì? Nếu thiếu một trong các điều kiện trên có được không? Tại sao?

3.2. Trong hình vô hạn có những yếu tố đối xứng nào khác với trong hình hữu hạn?

3.3. Cho một mặt ảnh trượt Pt được thiết lập bởi tổ hợp gồm một mặt đối xứng đơn giản cộng thêm một phép tịnh tiến song song với nó. Hãy vẽ hình biểu diễn khi nút A bất kỳ tác dụng qua Pt với bước tịnh tiến lần lượt là 1/4a, 1/2a và 3/4a.

3.4. Cho một trục xoắn ốc bậc ba và một chất điểm A. Hãy nối các điểm A_1, A_2, A_3, ... , A_n khi cho tác dụng qua trục xoắn ốc trong hai trường hợp: trục xoắn ốc bậc ba trái và phải.

3.5. Trên phụ lục 4 ghi bán kính ion của cation và anion của các nguyên tố. Hãy nhận xét mối liên quan giữa bán kính ion với hoá trị của chúng.

3.6. Việc chồng khít các quả cầu hiệu dụng thường tạo ra không gian rỗng giữa các quả cầu. Hãy nhận xét hình dạng các lỗ hổng đó. Thử tính thể tích mỗi loại lỗ hổng nếu giả thiết các quả cầu hiệu dụng đều có bán kính bằng R.

3.7. Giả sử bán kính các anion chồng khít là R, bán kính cation điền ở giữa là r. Trong điều kiện số phối trí 3 nghĩa là có 3 anion vây quanh 1 cation như hình số 3 (H.3.11).

Hãy tìm tỷ số của $\frac{r}{R}$.

3.8. Khi tỷ số $\frac{r}{R}$ thay đổi trong điều kiện kích thước các ion vây quanh vẫn giữ nguyên (R = hằng số) thì trong kiến trúc tinh thể xẩy ra hiện tượng gì?

PHẦN THỨ HAI

KHOÁNG VẬT HỌC ĐẠI CƯƠNG

Chương 4

THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ KIẾN TRÚC BÊN TRONG CỦA KHOÁNG VẬT

4.1 THÀNH PHẦN HÓA HỌC VÀ CÔNG THỨC CỦA KHOÁNG VẬT

Khoáng vật là những tế bào cấu tạo nên vỏ Trái Đất. Đối tượng nghiên cứu của khoáng vật học chính là thành phần vật chất của vỏ Trái Đất. Theo những quan sát trực tiếp thì chúng ta chỉ hiểu biết được phần trên cùng của vỏ Trái Đất. Những phần sâu hơn thông qua các giếng dầu, các lỗ khoan sâu, quá trình tạo sơn nâng những khối vật chất ở dưới sâu lên mới quan sát được. Thành phần hóa học của vỏ Trái Đất được quan sát một cách chắc chắn đạt tới chiều sâu 16 kilomet bao gồm thạch quyển, thủy quyển, sinh quyển và một phần khí quyển lân cận.

Trong số trên 100 nguyên tố của bảng tuần hoàn Menđeleep chỉ có một số ít là phổ biến trong vỏ Trái Đất. Chúng thường là những nguyên tố có số thứ tự thấp. Tuyệt đại bộ phận các nguyên tố hóa học kết hợp với nhau thành các khoáng vật. Chỉ có một số ít như Cu, Ag, Au,... là tồn tại trong trạng thái tự do và thuộc nhánh khoáng vật các nguyên tố tự nhiên. Thành phần hóa học của khoáng vật thường dùng công thức hóa học để biểu diễn. Có hai loại công thức: công thức thực nghiệm và công thức kiến trúc.

Công thức thực nghiệm chỉ biểu diễn được tỷ lệ số lượng các nguyên tố hợp thành. Ví dụ, hợp chất đơn giản như PbS (galen), $BaSO_4$ (barit); phức tạp hơn như $Be_3Al_2Si_6O_{18}$ (berin) $KAlSi_3O_8$ (octocla), v.v...

Công thức thực nghiệm còn có thể biểu diễn dưới hình thức các oxit đơn giản. Ví dụ, berin có thể viết 3 $BeO.Al_2O_3.6SiO_2$.

Công thức kiến trúc không những chỉ biểu diễn được loại nguyên tố, tỷ lệ số lượng các nguyên tố trong hợp chất mà còn phản ánh được quan hệ tương hỗ giữa các nguyên tử trong kiến trúc. Hiện nay do việc sử dụng tia X để phân tích kiến trúc và những tri thức về hóa học tinh thể ngày càng phát triển nên đã hiệu chỉnh lại nhiều công thức hóa học của hợp chất phức tạp và làm cho nó phản ánh chân thực hơn thành phần hóa học và kiến trúc của khoáng vật.

Do đó trong khoáng vật học hiện nay người ta sử dụng ngày càng phổ biến loại công thức kiến trúc. Trong công thức kiến trúc, gốc ion âm được đặt trong dấu ngoặc vuông để phân biệt với ion dương. Ví dụ, malachit $Cu_2[CO_3](OH)_2$, apatit $Ca_5[PO_4]_3$ (F, Cl)...

Khi trong thành phần có sự thay thế đồng hình giữa các nguyên tử hay ion thì các nguyên tử hay ion thay thế đặt trong dấu ngoặc hình cung sắp xếp theo thứ tự hàm lượng từ nhiều đến ít và cách nhau bởi một dấu phẩy. Ví dụ, olivin $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ vonframit $(Mn, Fe)[WO_4]$.

Công thức hóa học của khoáng vật căn cứ vào phân tích hóa học định lượng toàn phần mà tính ra. Trong đó, công thức thực nghiệm căn cứ vào trọng lượng phần trăm các nguyên tố thu được trong phân tích hóa học toàn phần lần lượt đem chia cho trọng lượng nguyên tử của nguyên tố đó. Cuối cùng, lấy kết quả so sánh với nhau rồi làm tròn số thì được công thức thực nghiệm của khoáng vật.

Dưới đây lấy chancopirit làm ví dụ để tính công thức hóa học thực nghiệm (bảng 4.1).

***Bảng 4.1** Hướng dẫn cách tính công thức thực nghiệm của khoáng vật*

Thành phần	Trọng lượng (%)	Số nguyên tử		Tỷ lệ đơn giản của số nguyên tử	Công thức hóa học và tên khoáng vật
		Chia cho nguyên tử lượng	Kết quả		
Cu	34,40	$\frac{34,40}{63,5}$	0,541	1	
Fe	30,47	$\frac{30,47}{56}$	0,544	1	$CuFeS_2$
S	35,87	$\frac{35,87}{32}$	1,120	2	Chancopirit

Công thức kiến trúc của khoáng vật căn cứ vào kết quả phân tích hóa học toàn phần mà tính ra. Từ trọng lượng phần trăm các oxit tính ra các ion dương, sau đó lấy số oxi trong hợp chất oxit làm tiêu chuẩn để tính ra số nguyên tử ương ứng với các ion âm và dương. Cuối cùng, dùng khái niệm đồng hình và tài liệu phân tích tia X để xác định công thức kiến trúc. Dưới đây giới thiệu cách tính công thức kiến trúc của hocblen theo phương pháp oxi (bảng 4.2). Trình tự tính toán như sau.

1- Lấy trọng lượng phần trăm của các nhóm oxit chia cho trọng lượng phân tử của nó thì được số phân tử. Để tiện tính toán, nhân số phân tử với 1000 và ghi vào cột 3. Ví dụ, đối với SiO_2: (40,26 : 60) ×1000 = 670.

2- Căn cứ vào số phân tử tính số nguyên tử oxi, ghi vào cột thứ 4. Ví dụ, cứ một phân tử SiO_2 thì có hai nguyên tử oxi, do đó, ở cột 4 ghi 760 × 2 = 1340.

3- Căn cứ vào tài liệu phân tích tia X biết công thức kiến trúc tổng quát của hocblen là $A_2B_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$, trong đó số oxi kể cả trong gốc hiđroxin là 24. Lấy con số tổng cộng là 2700 ở cuối cột thứ tư chia cho 24 được số ước lược chung là 112,6.

4- Cột thứ 5 ghi số oxi trong phân tử sau khi đã ước lược cho số ước lược chung. Ví dụ, đối với SiO_2 ta có: 1340,0 : 112,6 = 11,9.

5- Căn cứ tỷ lệ giữa số lượng phân tử và nguyên tử của ion dương tính ra số lượng của ion dương. Cứ một phân tử SiO_2 thì có một nguyên tử Si. Ở trong bảng có 670 phân tử SiO_2 (ghi ở cột 3) thì cũng sẽ có 670 nguyên tử của ion dương (tức Si ghi ở cột 6).

6- Căn cứ tỷ lệ giữa ion dương và oxi ta sẽ có số nguyên tử của ion dương tham gia trong kiến trúc. Đối với SiO_2 thì tỷ lệ giữa Si và O là 1/2, do đó, đem con số 11,9 ghi ở cột 5 chia 2 thì được số ion dương hoặc có thể đem số lượng nguyên tử ion dương (ở cột 6) chia cho số ước lược chung cũng sẽ được kết quả như vậy, ghi vào cột 7:

$$\frac{11,9}{2} = 5,95 \quad \text{hoặc} \quad \frac{670}{112,6} = 5,95$$

Bảng 4.2 *Hướng dẫn cách tính công thức kiến trúc của khoáng vật*

Các oxit	Trọng lượng (%)	Số lượng phân tử x 1000	Số nguyên tử oxi	Số nguyên tử oxi rút về 24	Số lượng nguyên tử của ion dương	Số nguyên tử ion dương tham gia trong kiến trúc
SiO_2	40,26	670	1340	11,9	670	5,95
TiO_2	3,77	47	94	8,8	47	0,40
Al_2O_3	13,23	129	387	3,526	258	2,30
Fe_2O_3	7,19	45	135	1,2	90	0,80
FeO	6,48	90	90	0,8	93	0,77
MnO	0,18	3	3	0,03	3	0,03
MgO	13,18	327	327	2,0	327	2,90
CaO	12,20	218	218	1,95	218	1,95
Na_2O	1,73	28	28	0,25	56	0,50
K_2O	0,55	6	6	0,05	12	0,10
F	0,09	4	4	0,05	-	-
H_2O^+	1,25	70	70	0,05	140	1,30
H_2O^-	0,22	-	-	-	-	-
Hiệu chỉnh	100,34 - 0,04		2702 - 2	24,025 - 0,025		
$F_2 = 0$	100,3		2700	24		

Dựa vào số nguyên tử của ion dương tham gia trong kiến trúc đã ghi ở cột 7, đồng thời vận dụng các quy luật thay thế đồng hình sắp xếp chúng thành từng nhóm. Ví dụ, nhóm A có thể có các ion Ca^{2+}, Na^{1+}, K^{1+}, nhóm B có thể có Mg^{2+}, Fe^{2+} và Al^{3+}. Trong gốc $[Si_4O_{11}]$ thì Ti^{4+} và Al^{3+} đều có thể thay thế cho Si^{4+} với số phối trí 4. Còn lại là nhóm các ion âm. Trong silicát Al^{3+} giữ hai vai trò, vừa thay thế cho Si^{4+} trong gốc $[SiO_4]$ vừa thay thế cho các cation khác. Vì vậy, khi sắp xếp cần chú ý ưu tiên cho Al^{3+} thay thế hết Si^{4+} bị thiếu, phần còn lại mới thay thế cho những cation khác, như vậy thì gốc anion mới vững bền và sự thay thế không làm phá hủy kiến trúc tinh thể.

Cuối cùng công thức kiến trúc (hay công thức hóa học tinh thể) của hocblen có thể viết như sau: $(Ca_{1,95}, Na_{0,50}, K_{0,10})_{2,55}$ $(Mg_{2,90}\ Fe_{2+0,80}\ Fe_{3+0,80}\ Al_{0,65})_{5,15}$ $[Si_{5,95}\ Al_{1,65}\ Ti_{0,40}\ O_{22}]$ $(OH_{1,30}\ F_{0,05}\ O_{0,65})_2$.

Như trên chúng ta đã biết khoáng vật là những hợp chất tự nhiên có thành phần và công thức hóa học phức tạp. Người ta chia các khoáng vật theo các kiểu hợp chất hóa học như sau:

Hợp chất đơn giản: là hợp chất chỉ gồm hai loại nguyên tử hay ion kết hợp với nhau. Loại hợp chất này rất thường gặp trong tự nhiên. Ví dụ, galen (PbS), pirit (FeS_2) sfalerit (ZnS).

Hợp chất phức tạp: là hợp chất có các anion phức tạp như: $[SiO_4]^{4-}$, $[PO_4]^{3-}$, $[CO_3]^{2-}$, $[SO_4]^2$, $[NO_3]^{1-}$, ... tham gia vào mạng kiến trúc của tinh thể. Ví dụ, canxit $Ca[CO_3]$, barit $Ba[SO_4]$.

Hợp chất kép: là những hợp chất của hai muối kết hợp với nhau. Ví dụ, đolomit $CaMg\ [CO_3]_2$, kainit $KMg[SO_4, Cl]3H_2O$.

Hợp chất nước: là những hợp chất có phân tử nước tham gia trong thành phần của nó. Tùy theo hình thức liên kết trong kiến trúc người ta chia ra hai loại nước.

1- *Nước hấp phụ*: tồn tại dưới hình thức những phân tử nước trung hòa bị hấp phụ ở một bộ phận nào đó của khoáng vật, nhưng không tham gia vào kiến trúc. Hàm lượng nước thay đổi tùy theo nhiệt độ. Khi nhiệt độ tăng đến 110°C thì hầu như nước hấp phụ bị bay hơi. Trạng thái của nước hấp phụ thường là thể lỏng. Các loại nước màng mỏng, nước mao dẫn, nước dạng keo, nước zeolit, nước giữa tầng đều thuộc loại nước hấp phụ. Ví dụ, nước trong kaolin $(Al,Mg)_2\ [Si_4O_{10}](OH)_2nH_2O$.

2- *Nước kết tinh*: là những phân tử nước trung hòa tham gia trong kiến trúc tinh thể và chiếm một tỷ lệ cố định, vây quanh một loại ion nào đó theo những số phối trí nhất định, hình thành nên một loại gốc ion đặc biệt. Ví dụ, nước trong khoáng vật rơgecsit ($NiSO_4.6H_2O$). Do thể tích của Ni^{2+} rất nhỏ kém xa kích thước của $[SO_4]^{2-}$ nên không thể tạo ra một ô mạng vững chắc. Khi có 6 phần tử nước vây quanh Ni^{2+} sẽ làm cho thể tích của nó lớn lên mà hóa trị vẫn đảm bảo không thay đổi khiến cho kiến trúc trở nên ổn định. Trên thực tế đơn vị kiến trúc này nên viết là $[Ni(H_2O)_6)]^{2+}$. Vì nước tham gia trong kiến trúc nên liên kết trong ô mạng chặt chẽ hơn nhiều so với nước hấp phụ, nhiệt độ thoát nước cũng cao hơn so với nước hấp phụ.

Ngoài ra, trong thành phần khoáng vật còn chứa H^+, OH^-, H_2O^+ ... trong một số trường hợp đun nóng cũng có nước thoát ra nhưng phải trải qua một số phản ứng hay quá trình phân ly nên không xem là phân tử nước.

4.2 KIẾN TRÚC CỦA KHOÁNG VẬT

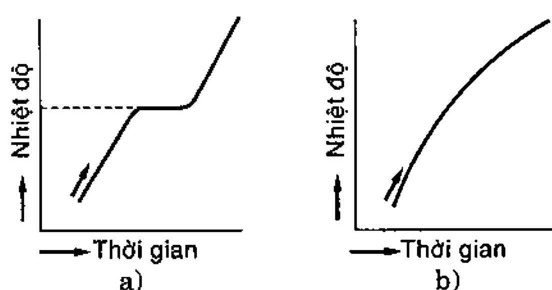
1- Các trạng thái của khoáng vật

Khoáng vật cũng như hầu hết các chất vô cơ đều có thể tồn tại ở ba trạng thái: rắn, lỏng và khí.

Trong điều kiện tự nhiên thì đa số khoáng vật ở trạng thái rắn (Hg ở thể lỏng, H_2S, CO_2 ở thể khí).

Đa số các khoáng vật thể rắn đều là chất kết tinh có kiến trúc tinh thể nhất định, trong đó các phần tử vật chất sắp xếp theo qui luật. Chất kết tinh có nhiệt độ nóng chảy và nhiệt độ kết tinh nhất định.

Ngoài ra có một số ít khoáng vật là chất vô định hình, trong đó các phần tử vật chất phân bố hỗn độn, không theo một qui luật nào cả. Do đó nó có tính đẳng hướng; khi nung nóng thì thay đổi trạng thái một cách từ từ. Đó là đặc điểm chủ yếu để phân biệt giữa chất kết tinh và chất vô định hình. Trên hình 4.1 là các đường cong khi nung nóng của chất kết tinh và chất vô định hình.



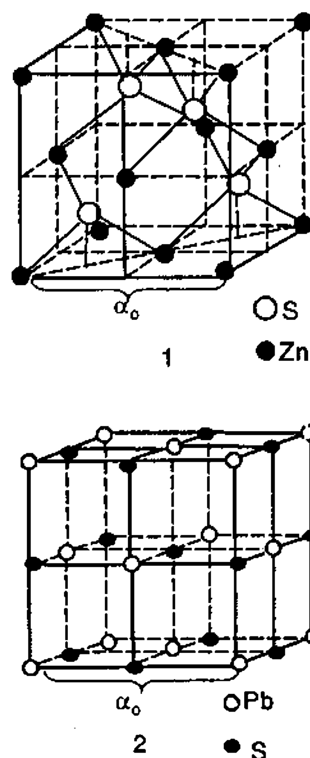
Hình 4.1 Biểu diễn đường nóng chảy của vật chất kết tinh (a) vô định hình (b)

Chất kết tinh và vô định hình có thể chuyển hóa lẫn nhau. Muốn có chất vô định hình ta làm nguội nhanh chất nóng chảy. Muốn biến chất vô định hình thành chất kết tinh thì phải giữ lâu chất đó ở nhiệt độ gần điểm nóng chảy.

2- Kiến trúc của khoáng vật

Kiến trúc của khoáng vật từ lâu đã được hóa học tinh thể nghiên cứu một cách toàn diện và sâu sắc. Kiến trúc của khoáng vật phụ thuộc vào các yếu tố sau đây:

Thành phần hóa học: Quan hệ giữa thành phần hóa học và kiến trúc của khoáng vật là quan hệ giữa nội dung và hình thức. Thành phần hóa học là nội dung, kiến trúc là hình thức biểu hiện nội dung đó. Cả hai đều ở trong một thể thống nhất của phép biện chứng.



Hình 4.2 Hai kiểu lập phương diện tâm của sfalerit (1) và galen (2)

Nội dung quyết định hình thức, do đó thành phần hóa học quyết định kiến trúc, nhưng chỉ khi nào thành phần hóa học tồn tại dưới một hình thức kiến trúc nhất định thì mới tương đối ổn định. Galen (PbS) và sfalerit (ZnS) là hai khoáng vật có thành phần hóa học khác nhau, do đó, quyết định hai hình thức tồn tại khác nhau. Galen có ô mạng cơ sở kiểu lập phương diện tâm, Pb và S đều có số phối trí 6, còn sfalerit cũng có ô mạng cơ sở kiểu lập phương diện tâm nhưng Zn và S có số phối trí khác nhau (H.4.2).

Tính chất các đơn vị kiến trúc (ion, nguyên tử, phân tử): Trong hóa học tinh thể Gônsmit đã nêu ra định luật: *Kiến trúc tinh thể được xác định bởi tỷ lệ số lượng các đơn vị kiến trúc, kích thước (bán kính ion) và tính phân cực của chúng.*

Mối liên kết hóa học: Trong chất kết tinh, các đơn vị kiến trúc liên hệ với nhau bằng những mối liên kết chủ yếu sau đây:

- Liên kết ion gây nên bởi lực hút tĩnh điện giữa các ion ngược dấu. Ví dụ, Na^+ và Cl^- trong NaCl.

- Liên kết nguyên tử (hay đồng cực) là mối liên kết do các nguyên tử nằm gần nhau cùng dùng chung các điện tử. Ví dụ, C trong kim cương.

- Liên kết kim loại do có những điện tử tự do có thể di chuyển từ nguyên tử này sang nguyên tử khác. Trong các kim loại có tính dẫn nhiệt thường phổ biến loại liên kết này.

- Liên kết phân tử (hay liên kết Vanđecvan) do lực liên kết thừa trong phân tử hoặc do hiện tượng phân cực gây nên. Ví dụ, trong lưu hoàng tự nhiên.

Ngoài các mối liên kết trên đây, còn có các mối liên kết trung gian. Trong một chất kết tinh có thể có một hoặc hai loại liên kết đồng thời tồn tại, trong đó một loại liên kết đóng vai trò chủ yếu.

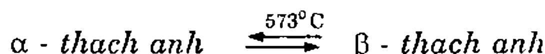
3- Tính đa dạng

Tính đa dạng là đặc tính của chất kết tinh có thể thay đổi kiến trúc tinh thể khi điều kiện bên ngoài (nhiệt độ, áp suất) thay đổi, do đó làm cho các tính chất vật lý cũng thay đổi theo, mặc dù thành phần hóa học vẫn giữ nguyên.

Ví dụ: kim cương (lập phương) → than chì (lục phương) cả hai đều có thành phần là C. Kim cương và than chì được gọi là những biến thể đa dạng. Nhiều khoáng vật có đến 5, 6 biến thể đa dạng. Người ta dùng chữ cái Hy Lạp (α, β, γ,...) để gọi tên các biến thể kể từ nhiệt độ thấp đến cao. Ví dụ, α thạch anh → β thạch anh.

Các biến thể đa dạng của cùng một thành phần hóa học thường có những tính chất khác hẳn nhau vì kiến trúc khác nhau. So sánh kim cương và than chì thấy rõ điều đó (bảng 4.3).

Khoáng vật khi thay đổi điều kiện bên ngoài thì biến thành một biến thể đa dạng mới, nhưng khi lặp lại điều kiện cũ thì trở lại biến thể ban đầu. Sự chuyển biến như vậy là chuyển biến hai chiều. Ví dụ, thạch anh:



$$\alpha \text{ - thạch anh} \xrightleftharpoons{573^\circ C} \beta \text{ - thạch anh}$$

Có những khoáng vật chỉ chuyển biến một chiều như aragonit $\xrightarrow{400^\circ C}$ canxit.

***Bảng 4.3** So sánh tính chất vật lý của kim cương và than chì*

Tính chất	Kim cương	Than chì
Tinh hệ	Lập phương	Lục phương
Màu	Không màu	Đen
Độ trong suốt	Trong suốt	Không trong suốt
Độ cứng	10	1
Tỷ trọng	3,5 – 3,55	2,09 – 2,23

Trong điều kiện nào đó, có lúc cả hai biến thể đều tồn tại đồng thời. Vì nhiệt độ chuyển biến của một biến thể là cố định, nên khi có một biến thể đa dạng tồn tại thì có thể dùng nó để xác định nhiệt độ thành tạo khoáng vật, do đó có khái niệm về ***nhiệt kế khoáng vật học***. Nhiệt kế khoáng vật học có tác dụng nhất định trong việc nghiên cứu nguồn gốc khoáng vật. Tuy nhiên, khi xác định nhiệt độ chuyển biến cần đề cập tới ảnh hưởng của áp suất (độ sâu sinh thành) và tính thuần khiết của thành phần hóa học. Dưới đây là bảng kê điểm chuyển biến của một số khoáng vật dùng làm nhiệt kế khoáng vật học (bảng 4.4).

Cần phải nói thêm rằng nhiều tác giả đã từng căn cứ vào những nguyên tắc khác nhau để phân loại các biến thể đa dạng. Đây là một vấn đề khá phức tạp. Tuy nhiên, cách phân loại dựa vào sự biến đổi kiến trúc là cách phân loại hợp lý nhất. Ví dụ, các biến thể đa dạng do số phối trí hay cách chồng khít không giống nhau; do phương thức phân bố hoặc độ gấp khúc của đơn vị kiến trúc không giống nhau.

***Bảng 4.4** Nhiệt độ chuyển biến của các biến thể đa dạng*

Thành phần hóa học	Các biến thể đa dạng	Điểm chuyển biến
SiO_2	β-tridimit (sáu phương)	1475°C
	β-cristobalit (lập phương)	
$CaSiO_3$	volastonit (ba xiên) - giả volastonit (gỉa sáu phương)	1190°C
ZnS	sfalerit (lập phương) - vuazit (sáu phương)	1020°C
$(Ca, Mg, Fe)_2 [Si_2O_6]$	piroxen hệ thoi - piroxen một xiên	955° - 1140°C
SiO_2	α - thạch anh (ba phương) -	573°C
	β - thạch anh (sáu phương)	
Na_3AlF_6	criolit một xiên - criolit lập phương	560° - 570°C
$CaCO_3$	aragonit (hệ thoi) - canxit (ba phương)	400°C
Cu_2S	β - chancozin (hệ thoi)	
	α - chancozin (sáu phương)	91° - 105°C
Ag_2S	acantit (lập phương) – acgentit (hệ thoi)	179°C

4- Hiện tượng đồng hình

Khái niệm về hiện tượng đồng hình có từ lâu. Lúc đầu người ta quan niệm đồng hình là hiện tượng hai hoặc nhiều hợp chất thành phần khác nhau nhưng có cùng kiến trúc hoặc kiến trúc gần giống nhau. Hiện nay khái niệm đồng hình đã được chính xác hóa như sau: *Hiện tượng đồng hình là hiện tượng xẩy ra trong cùng một kiến trúc tinh thể khi có hai hoặc trên hai thành phần khác nhau về bản chất hóa học nhưng có thể thay thế lẫn nhau. Sự thay thế đó không làm thay đổi lớn đến kiến trúc tinh thể.* Thực tế đây là một loại hợp chất có thành phần thay đổi.

Căn cứ vào mức độ thay thế người ta chia ra hai loại hợp chất đồng hình như sau:

1- Đồng hình liên tục: khi hai thành phần thay thế lẫn nhau theo bất kỳ một tỷ lệ nào tạo ra một loạt các hợp chất liên tục có những tính chất vật lý biến đổi một cách liên tục. Ví dụ, loạt đồng hình liên tục của fenpat Na và fenpat Ca tạo ra các loại plagiocla (bảng 4.5).

Bảng 4.5 *Loạt đồng hình liên tục của plagiocla và các tính chất của chúng*

Khoáng vật	Thành phần	Ng	Tỷ trọng
Anbit-Na[$AlSi_3O_8$] – (Ab)	Ab_{100} – $Ab_{90}An_{10}$	1,5282	2,61
Oligocla	$Ab_{90}An_{10}$ – $Ab_{70}An_{30}$	1,5388	2,64
Andezin	$Ab_{70}An_{30}$ – $Ab_{50}An_{50}$	1,5490	2,67
Labrado	$Ab_{50}An_{50}$ – $Ab_{30}An_{70}$	1,5558	2,69
Bitaonit	$Ab_{30}An_{70}$ – $Ab_{10}An_{90}$	1,5640	2,72
Anoctit-Ca{$Al_2Si_2O_8$] – (An)	$Ab_{10}An_{90}$ – An_{100}	1,5756	2,75

2- Đồng hình có hạn: khi hai thành phần chỉ có thể thay thế nhau theo mức độ nhất định. Ví dụ, Fe^{2+} có thể thay thế Zn^{2+} trong kiến trúc tinh thể sfalerit không quá 20%.

Những yếu tố quyết định tính thay thế đồng hình gồm có:

Kích thước của ion (hay nguyên tử). Thông thường kích thước hai ion tương đương hoặc bằng nhau thì dễ dàng thay thế liên tục. Giới hạn có thể thay thế liên tục khi tỷ số chênh lệch $(R_1 - R_2)/R_2 < 10 - 15\%$. R_1 là bán kính ion lớn, còn R_2 là bán kính ion bé. Ví dụ, hupnerit và fecberit ($MnWO_4$ – $FeWO_4$) trong đó $R_{Mn2+} = 0,19\,\mathring{A}$, $R_{Fe2+} = 0,38\,\mathring{A}$, tỷ số chênh lệch không quá 10%.

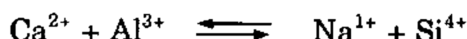
Tỷ số chênh lệch từ 10 – 15% tăng đến 25 – 40% thì chuyển sang đồng hình có hạn. Khi tỷ số chênh lệch lớn hơn 25 – 40% thì chỉ ở nhiệt độ rất cao mới phát sinh đồng hình có hạn. Ở nhiệt độ thấp, về cơ bản, không phát sinh hiện tượng đồng hình. Vì vậy trong các tác dụng nội sinh xẩy ra trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao thì hiện tượng đồng hình phổ biến hơn trong tác dụng ngoại sinh tiến hành dưới nhiệt độ, áp suất bình thường.

Hóa trị của ion: Trong kiến trúc khi xẩy ra hiện tượng thay thế đồng hình bao giờ cũng phải bảo đảm được sự cân bằng về tĩnh điện.

+ Nếu hai ion thay thế nhau mà có cùng hóa trị thì hiện tượng đồng hình rất đơn giản. Số lượng các đơn vị kiến trúc không thay đổi. Đó là hiện tượng đồng hình cùng hóa trị. Loại này trong khoáng vật tự nhiên thường gặp.

+ Nếu hai ion thay thế khác hóa trị, thì gọi là đồng hình không cùng hóa trị. Trong trường hợp này để đảm bảo cân bằng tĩnh điện có mấy phương thức sau:

- Đồng thời với cặp ion thay thế đồng hình không cùng hóa trị vốn có, lại thêm những cặp ion khác cũng thay thế đồng hình không cùng hóa trị song song tiến hành. Ví dụ, trong fenpat:



$$Ca^{2+} + Al^{3+} \rightleftharpoons Na^{1+} + Si^{4+}$$

Như vậy, tổng số điện hóa trị không thay đổi mà số lượng ion sau khi thay thế vẫn giữ nguyên trong kiến trúc.

Để cân bằng hóa trị có lúc số lượng các đơn vị thay thế không bằng nhau. Ví dụ, trong silicát lớp có hiện tượng thay thế $2Al^{3+} \rightleftharpoons 3Mg^{2+}$. Trường hợp này trong kiến trúc hoặc thừa hoặc thiếu một số vị trí nhất định.

Căn cứ vào các điều kiện thay thế trên A. E. Fersman đã tìm ra qui luật thay thế đồng hình theo đường chéo góc (bảng 4.6) trong bảng tuần hoàn các nguyên tố như bảng sau đây.

Cần chú ý rằng điều kiện thay thế mà Fersman chú ý ở đây chủ yếu là bán kính ion, nhưng khi thay thế thì có khuynh hướng các ion hóa trị thấp bị các ion hóa trị cao thay thế. Ví dụ, trong fotfat (apatit) các nguyên tố đất hiếm thay thế Ca; Sc thay thế Mg; Nb, Ta thay thế Ti, ... Hiện tượng này gọi là thay thế đồng hình định hướng (theo chiều mũi tên trong bảng 4.6). Hiện tượng này có thể dùng khái niệm năng lượng của ion để giải thích.

Loại ion: Như trên chúng ta đã biết muốn có thay thế đồng hình thì những nhóm thay thế phải cùng hóa trị và kích thước tương đương, nhưng nếu hai ion không cùng loại thì sự đồng hình không thể xảy ra được. Ví dụ, Na^{+} (Ri = 0,96 Å) và Cu^{2+} (Ri = 0,96 Å) cho tới nay vẫn chưa phát hiện được sự thay thế đồng hình giữa chúng vì chúng nằm trong hai loại ion khác nhau, khả năng phân cực không giống nhau. Trong kiến trúc, mối liên kết của chúng với ion khác cũng hoàn toàn khác nhau. Nếu có thay thế thì sẽ làm thay đổi tính chất căn bản của kiến trúc. Do đó, loại ion cũng là một nhân tố quan trọng quyết định khả năng đồng hình của ion.

***Bảng 4.6** Loạt thay thế đồng hình không cùng hóa trị của các nguyên tố (Theo A. E. Fersman)*

Chu kỳ \ NHÓM	I	II	III	IV	V	VI	VII
2	Li 0,78	Be 0,34	B 0,15				
3	Na 0,98	Mg 0,78	Al 0,57	Si 0,39			
4	K 1,33	Ca 1,06	Sc 0,82	Ti 0,64			
5	Rb 1,49	Sr 1,27	Y 1,06	Zr 0,87	Nb 0,69	Mo 0,68	
6	Cs 1,65	Ba 1,43	TR 1,22 0,99	Hf 0,86	Ta 0,69	W 0,68	Re 0,68

Các điều kiện nhiệt động học: Nhiệt độ có tác dụng rất quan trọng. Ví dụ, KCl và NaCl ở nhiệt độ cao có thể thay thế đồng hình tạo nên hỗn hợp đồng hình (K, Na) Cl, nhưng trong điều kiện thường thì không xẩy ra hiện tượng đồng hình đó. Như vậy chúng ta có thể thấy, nhiệt độ cao có tác dụng thúc đẩy cho hiện tượng thay thế đồng hình phát triển.

Ảnh hưởng của áp suất đối với khả năng đồng hình cho đến nay vẫn chưa rõ ràng. Có người cho rằng áp suất tăng lên sẽ hạn chế khả năng đồng hình làm phân li các dung dịch cứng. Điều đó cho tới nay vẫn không khẳng định dứt khoát.

Nồng độ của các thành phần: ngoài những nhân tố kể trên, nồng độ các thành phần trong dung dịch hoặc chất nóng chảy tạo khoáng cũng có vai trò nhất định đối với khả năng thay thế đồng hình. Ví dụ, trong sự hình thành apatít khi dung dịch hoặc chất nóng chảy tạo thành có thừa Ca^{2+} thì Sr^{2+}, Na^{1+} nói chung không thể thay thế đồng hình được. Ngược lại, nếu thành phần Ca^{2+} không đủ thì Sr^{2+} và Na^{1+} có thể tồn tại trong apatít dưới hình thức thay thế đồng hình Ca^{2+}, thậm chí với hàm lượng rất cao.

Hiện tượng đồng hình làm thay đổi thành phần hóa học của khoáng vật dẫn tới sự thay đổi các tính chất vật lý của chúng. Sự biến đổi các tính chất vật lý là sự biến đổi có qui luật tùy theo số lượng các thành phần thay thế. Các tính chất như điểm nóng chảy, tỷ trọng, chiết suất, tính dẫn điện đều biến đổi một cách có qui luật: đặc biệt tỷ trọng biểu hiện rõ nhất quan hệ với hàm lượng các thành phần theo tỷ lệ thuận. Nếu dùng đồ thị biểu diễn quan hệ này thì chúng ta sẽ có những đường thẳng hay đường hơi cong (H.10.5).

Việc nghiên cứu hiện tượng đồng hình không những chỉ làm rõ hình thức tồn tại và di chuyển của các nguyên tố trong khoáng vật, sự biến đổi thành phần của khoáng vật, sự biến đổi có qui luật của một số tính chất vật lý, v.v... mà nó còn xác định giá trị công nghiệp của khoáng vật quặng, giúp cho việc tìm kiếm các nguồn nguyên liệu của nguyên tố hiếm và nguyên tố phân tán những tài liệu chính xác, đồng thời rút ra được những qui luật tập trung của một số nguyên tố do hiện tượng phá hủy hỗn hợp đồng hình tạo nên.

4.3 THÀNH PHẦN VÀ CẤU TẠO CỦA KHOÁNG VẬT DẠNG KEO

Trong thế giới khoáng vật, ngoài những chất kết tinh mà mắt thường hoặc kính hiển vi có thể quan sát được, còn phổ biến những khoáng vật ở trạng thái keo hoặc từ chất keo kết tinh lại. Thường người ta gọi chúng là những khoáng vật dạng keo. Khoáng vật dạng keo có những đặc điểm riêng biệt, khác với khoáng vật kết tinh về thành phần và cấu tạo. Trong vỏ Trái Đất và đặc biệt trong vỏ phong hóa phát triển rất rộng rãi loại khoáng vật này.

1- Chất keo trong vỏ Trái Đất

Đầu tiên chúng ta cần hiểu rõ chất keo là gì? *Chất keo là một hệ phân tán nhỏ không đồng nhất gồm có hai thành phần: tướng phân tán và môi trường phân tán. Tướng phân tán gồm những hạt vật chất rất nhỏ kích thước từ 1 – 100mμ (1mμ = 10^{-6} mm) thường gọi là hạt keo.* Kính hiển vi thường không thấy được hạt keo, nhưng mỗi hạt keo còn chứa hàng trăm, hàng nghìn phân tử hoặc ion. Vì vậy những hạt keo bản thân vẫn là những tướng kết tinh. *Môi trường phân tán chứa các hạt keo phân tán.*

Tùy theo tỷ lệ giữa tướng phân tán và môi trường phân tán người ta chia ra dung giao (nếu môi trường phân tán chiếm chủ yếu) và ngưng giao (nếu tướng phân tán chiếm chủ yếu). Căn cứ vào trạng thái của môi trường phân tán dung giao và ngưng giao còn được phân ra những loại keo sau đây:

Thủy dung giao và thủy ngưng giao nếu môi trường phân tán là chất lỏng.

Khí dung giao và khí ngưng giao nếu môi trường phân tán là chất khí.

Tinh dung giao và tinh ngưng giao nếu môi trường phân tán là chất kết tinh.

Trong vỏ Trái Đất phổ biến nhất là thủy dung giao và thủy ngưng giao. Ngoài ra, trong khoáng vật tinh dung giao cũng rất phổ biến. Về cách thức thành tạo các dung dịch keo trong hóa keo cũng đã chỉ ra hai phương pháp. Đó là phương pháp phân tán và phương pháp ngưng tụ.

Trên Trái Đất trải qua những tác dụng phong hóa phức tạp và lâu dài, các loại đá và khoáng vật luôn luôn phát sinh hiện tượng nứt nẻ và hủy hoại. Gió mưa, các dòng nước, băng hà và các hoạt động kiến tạo, v.v... làm cho các vật chất bị nứt nẻ, hủy hoại càng bị chia nhỏ hơn thành những hạt li ti. Đó là cơ sở vật chất để hình thành những hệ phân tán nhỏ, là một phương để sinh thành chất keo trong vỏ Trái Đất.

Mặt khác, trong các dung dịch nước luôn xảy ra các tác dụng hóa học có thể làm cho phân tử ngưng tụ lại hình thành các chất điểm của chất keo, thúc đẩy chất keo nhanh chóng xuất hiện. Trong quá trình phong hóa, sự lắng đọng các thành phần hòa tan trong dung dịch nước, những sản phẩm của các phản ứng hóa học giữa đá, khoáng vật với dung dịch nước đều có thể tạo thành chất keo.

Tác dụng hóa học của sinh vật khi hình thành chất keo của lớp ngoài cùng vỏ Trái Đất cũng có một ý nghĩa to lớn.

Một đặc điểm cần chú ý là bề mặt của các hạt keo đều có mang điện. Do đó nó có khả năng hấp phụ các ion ngược dấu trong dung dịch. Trong môi trường phân tán nhất định, các hạt keo cùng loại sẽ mang cùng dấu điện. Ngược lại, trong những môi trường khác nhau, các hạt keo cùng loại không nhất định có dấu điện giống nhau. Đồng thời, dấu điện tích còn được quyết định bởi phản ứng của môi trường của hạt keo. Trong môi trường axít và môi trường kiềm thông thường dấu điện của các hạt keo ngược nhau.

Các chất keo tự nhiên, tùy theo dấu điện mà chia ra chất keo dương và chất keo âm. Bảng dưới đây nêu lên một số chất keo tự nhiên quan trọng (bảng 4.7).

***Bảng 4.7** Các chất keo phổ biến trong tự nhiên*

Chất keo dương	Chất keo âm
$Al(OH)_3$	SiO_2
$Fe(OH)_3$	Chất keo sét
$Cr(OH)_3$	Chất keo bùn thối (humit)
$Ti(OH)_4$	MnO_2
$Zr(OH)_4$	S
$Cd(OH)_2$	V_2O_5
$Ce(OH)_4$	SnO_2
$CaCO_3$	PbS, CuS, CdS, As_2S_3, Sb_2S_3 và các sunfua khác
$MgCO_3$	Ag, Au, Pt
CaF_2	

Nhìn bảng 4.7 chúng ta thấy những chất keo phổ biến nhất trong đới phong hóa trừ $Al(OH)_3$ và $Fe(OH)_3$ ra, đều mang điện âm, do đó nó có thể hấp phụ các ion dương. Ví dụ, MnO_2 thường hấp phụ các ion như Li^+, K^+, Ni^{2+}, Co^{2+}, Zn^{2+}, Pb^{2+}, Ba^{2+}, v.v... Hiện tượng này có ý nghĩa đặc biệt trong công tác tìm kiếm các vành phân tán địa hóa và kim lượng, trong việc đánh giá phẩm chất công nghiệp của một số loại quặng.

2- Sự hình thành khoáng vật dạng keo

Trên mặt đất có rất nhiều chất keo. Khi các hạt keo bị các hạt keo khác hoặc các ion ngược dấu tác dụng thì sẽ làm cho hạt keo bị trung hòa điện và lắng đọng lại rồi keo kết với nhau. Đó là tác dụng ngưng tụ các chất keo. Ví dụ, chất keo silit và limonit mang điện trái dấu nếu gặp nhau với một lượng tương đương thì sẽ ngưng tụ lại.

Nước phù sa trong các dòng sông chứa những hạt keo mang điện, nếu chảy ra biển gặp những ion mang điện ngược dấu hòa tan trong nước biển thì sẽ bị trung hòa điện và lắng đọng lại, do đó dọc bờ biển thường phát sinh hiện tượng ngưng keo. Sự hình thành các tập hợp hematit trứng cá và quặng mangan ở các miền biển, hồ có liên quan với hiện tượng này.

Những yếu tố gây nên hiện tượng ngưng keo còn có thể kể đến là sự khô cạn, ngưng kết và tăng nhiệt độ, các hoạt động của sinh vật, ảnh hưởng của các tia phóng xạ, v.v...

Các ngưng giao theo thời gian sẽ bị mất nước dần, độ cứng tăng lên và thay đổi cấu tạo, các chất điểm có xu hướng sắp xếp lại. Trong quá trình sắp xếp lại, thể tích bị thu nhỏ hình thành những khe nứt đặc biệt, nếu nước bị bay hơi mãnh liệt thì trên mặt xuất hiện những vết nứt khô. Sau khi các chất điểm sắp xếp lại có qui luật, chất không kết tinh biến thành ẩn tinh và cuối cùng trở thành chất hiển tinh. Quá trình này gọi là quá trình biến keo. Hiện tượng biến keo không những phụ thuộc vào thời gian mà còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như nhiệt độ, áp suất khí hậu. Nhiệt độ và áp suất tăng cao, điều kiện khí hậu khô nóng đều có lợi cho quá trình biến keo.

Như trên đã nói, các khoáng vật dạng keo hình thành rất phổ biến trên mặt đất, đặc biệt trong vỏ phong hóa. Những tài liệu gần đây còn chứng minh trong khoáng sàng nhiệt dịch cũng có khoáng vật dạng keo. Ví dụ: pirit, macazit, sfalerit, v.v ... Hơn nữa, có người cho rằng trong tác dụng macma cũng có thể hình thành khoáng vật dạng keo. Do đó, khoáng vật dạng keo không phải chỉ giới hạn trong tác dụng ngoại sinh mà có cả trong tác dụng nội sinh, mặc dầu trước mắt người ta chỉ thấy nó phân bố rộng rãi trong các quá trình ngoại sinh.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 4

4.1. Hãy tính thành phần oxit theo phần trăm trọng lượng của các khoáng vật sau đây:

Inmenit, $FeTiO_3$: (FeO, TiO_2).

Lepidolit, KLi_2Al (Si_4O_{10}) $(OH)_2$: (K_2O, Li_2O, Al_2O_3, SiO_2, OH).

Cacnotit, $K_2(UO_2)_2(WO_4)_2.3H_2O$.

Cocdierit, (Mg, Fe) $Al_4Si_5O_{13}$.

Labrado, $Ab_{60}An_{50}$.

4.2. Công thức của pirotin là $Fe_{1-x}S$. Hãy xác định chỉ số x trong các số liệu phân tích sau đây: (Ni, Co, Fe tính gộp vào và không kể chất không tan).

Thành phần	1	2	3	4	5
Fe	57,40	60,87	61,49	59,91	56,74
Co	1,50	-	-	0,12	0,49
Ni	4,30	-	0,39	0,61	1,10
S	35,71	36,56	37,18	39,69	41,67
Chất không tan	0,33	2,42	0,46	-	-
	99,33	99,85	99,52	100,33	100,00

4.3. Hỏi thành phần hóa học của một loại đá có chứa 40% olivin và 60% plagiocla (olivin– Fa_{20}; plagiocla–An_{70}).

4.4. Hỏi thành phần hóa học của một loại quặng gồm có 17% thạch anh, 38% manhetit và 45% inmenit (Biểu diễn dưới dạng các oxit SiO_2, FeO, Fe_2O_3 và TiO_2).

4.5. Một tập hợp gồm có thạch anh, galen, pirit và chancopirit khi phân tích cho các kết quả: SiO_2: 12,0%; Pb: 28,9%; Cu: 13,8%; Fe: 19,1%; S: 26,3%.

Hãy tính tỷ lệ phần trăm trọng lượng của mỗi khoáng vật đó.

4.6. Các nguyên tố kết hợp với nhau thành khoáng vật theo hình thức nào? Hãy nói rõ các khoáng vật sau đây thuộc hình thức nào?

1) Ag
2) (Ag, Au)
3) C
4) As_2S_3
5) $CuFeS_2$
6) Al_2O_3
7) $FeFe_2O_4$
8) $Mg_2[Si_2O_6]$
9) $CaMg[CO_3]_2$
10) $Ca[SO_4].2H_2O$

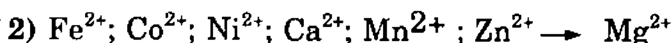
4.7. Từ bảng tuần hoàn các nguyên tố, hãy nêu rõ các qui luật biến đổi bán kính ion của chúng, đồng thời giải thích nguyên nhân gây ra qui luật biến đổi đó.

4.8. Hãy phân tích tính chất của các loại ion, chỉ rõ điều kiện và qui luật kết hợp của các ion dương và âm.

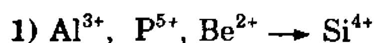
4.9. Bản chất của các mối liên kết trong khoáng vật. Ngoài các mối liên kết đã nêu trong giáo trình còn có những mối liên kết nào? Bản chất của nó ra sao?

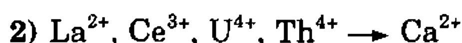
4.10. Những điều kiện chung của hiện tượng thay thế đồng hình là gì? Căn cứ vào những điều kiện trên hãy nêu rõ trình độ thay thế đồng hình khó hay dễ của các nhóm ion dưới đây:

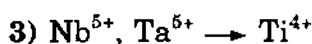

1) Na^+; Rb^+; Cs^+; $Ti^+ \rightarrow K^+$


2) Fe^{2+}; Co^{2+}; Ni^{2+}; Ca^{2+}; Mn^{2+} ; $Zn^{2+} \rightarrow Mg^{2+}$

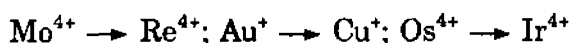
4.11. Tại sao trong khoáng vật thường gặp hiện tượng thay thế đồng hình khác hóa trị sau đây:


1) Al^{3+}, P^{5+}, $Be^{2+} \rightarrow Si^{4+}$


2) La^{2+}, Ce^{3+}, U^{4+}, $Th^{4+} \rightarrow Ca^{2+}$


3) Nb^{5+}, $Ta^{5+} \rightarrow Ti^{4+}$

4.12. Trong điều kiện chung có thể tồn tại sự thay thế sau đây không? Tại sao? (chỉ rõ đối với từng cặp)


$Mo^{4+} \rightarrow Re^{4+}$; $Au^+ \rightarrow Cu^+$; $Os^{4+} \rightarrow Ir^{4+}$


$Hg^{2+} \rightarrow Ca^{2+}$; $Na^+ \rightarrow Cu^+$; $Zn^{2+} \rightarrow Hg^{2+}$

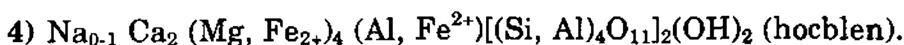
4.13. Tại sao kết quả của sự thay thế đồng hình phải cân bằng hóa trị tĩnh điện? Để đạt tới sự cân bằng đó có những hình thức nào?

4.14. Hãy chỉ rõ trong các công thức hóa học sau đây hợp chất nào có hiện tượng thay thế đồng hình:


1) $CaMg[CO_3]_2$ (đolomit).


2) (Zn, Fe)S (sfalerit)


3) $(Mg, Fe)Cr_2O_4$ (spinen)

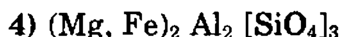

4) Na_{0-1} Ca_2 $(Mg, Fe_{2+})_4$ $(Al, Fe^{2+})[(Si, Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$ (hocblen).

4.15. Hãy phân tích các công thức hóa tinh thể dưới đây thành các cấu tử riêng biệt:


1) (Fe, Mg) $[WO_4]$


2) (Ca, Mn) $[CO_3]$


3) Ca (Mg, Fe) $[Si_2O_4]$


4) $(Mg, Fe)_2$ Al_2 $[SiO_4]_3$

4.16. Chất keo là gì? Trong vỏ Trái Đất chất keo được thành tạo như thế nào?

4.17. Giải thích tại sao trên bề mặt hạt keo lại có mang điện. Mức độ phân tán của hạt keo phụ thuộc vào những yếu tố nào?

Chương 5

HÌNH THÁI CỦA KHOÁNG VẬT

Hình thái bên ngoài của tinh thể là phản ánh kiến trúc bên trong của chúng, giữa hình thái và kiến trúc có mối quan hệ ràng buộc lẫn nhau rất khăng khít, các khoáng vật khác nhau thì có đặc điểm hình thái tinh thể khác nhau. Do đó, hình thái tinh thể có ý nghĩa giám định rất quan trọng.

Đồng thời, hình thái của khoáng vật là kết quả của sự tác dụng lẫn nhau giữa kiến trúc bên trong, thành phần và hoàn cảnh bên ngoài. Căn cứ vào những nghiên cứu chi tiết đối với hình thái khoáng vật có thể làm sáng tỏ được những vấn đề về nguồn gốc khoáng vật.

5.1 HÌNH THÁI CỦA TINH THỂ RIÊNG LẺ

Việc nghiên cứu hình thái của các tinh thể khoáng vật riêng lẻ bao gồm những mặt sau đây: hình dạng tinh thể, tập tính của tinh thể, kích thước và những vết chạm trổ trên mặt tinh thể.

1- Hình dạng tinh thể

Về hình dạng tinh thể lấy 47 loại đơn hình làm cơ sở. Căn cứ vào đặc điểm đối xứng, các tinh thể có thể phân thành 7 tinh hệ và 32 dạng đối xứng. Các đơn hình của cùng một dạng đối xứng có thể ghép thành các tụ hình. Do đó đơn hình chỉ có 47 loại mà tụ hình thì nhiều hơn (xem chương 2).

2- Tập tính của tinh thể

Mỗi một loại tinh thể, dưới những điều kiện bên ngoài nhất định, thường có một hình thái đặc trưng. Đó là *tập tính* của tinh thể. Trong những điều kiện bên ngoài khác nhau, tập tính của cùng loại tinh thể không giống nhau. Do đó từ tập tính của tinh thể có thể thấy rõ quan hệ nương tựa lẫn nhau giữa hình thái tinh thể với hoàn cảnh sinh thành (H.5.1). Tập tính của tinh thể có thể giúp xác định được môi trường thành tạo chúng.

Theo Brave những mặt tinh thể thường thấy song song với phương có lực liên kết mạnh nhất và mặt mạng có mật độ cao nhất (ví dụ mặt lập phương của galen) nên galen thông thường xuất hiện dưới dạng tinh thể lập phương. Những nhân tố ảnh hưởng tới điều kiện sinh thành rất nhiều như nhiệt độ, nồng độ dung dịch, tỷ

số ion âm và dương của môi trường kết tinh, các tạp chất, độ nhớt và vị trí của tinh thể trong môi trường,v.v... Khi một trong các nhân tố trên thay đổi thì sẽ ảnh hưởng đến hình dạng cuối cùng của tinh thể.

	Sfalerit	Caxiterit	Ziacon	Thạch anh	Apatit	Octocla	Fluorin
Macma trung tính							
Macma axit							
Macma kiềm							
Macma Pecmatit							
Nhiệt dịch nhiệt độ cao							
Nhiệt dịch nhiệt độ trung bình							

***Hình 5.1** Quan hệ giữa hình thái khoáng vật với điều kiện sinh thành (theo Ermakov)*

Ví dụ: muối halit (NaCl): khi trong môi trường tỷ lệ giữa các ion dương (Na^+) và ion âm (Cl^-) về cơ bản cân bằng thì phát triển đơn hình lập phương {100} vì mặt (100) là mặt mạng chứa cả hai loại ion có mật độ cao nhất. Nếu thêm vào môi trường các dung dịch NaOH hoặc FeCl thì sẽ làm cho mặt mạng chứa các ion cùng dấu là mặt có mật độ cao nhất phát triển, lúc đó chúng ta chỉ thấy xuất hiện đơn hình bát diện {111}.

Sfalerit (ZnS) thành tạo trong diều kiện nhiệt độ cao, ngoài ion Zn^{2+} trong môi trường còn chứa nhiều ion hóa trị 2 khác, mặt mạng chứa các ion cùng dấu là mặt phát triển nhất, do đó, xuất hiện các tinh thể bát diện lập phương. Loại sfalerit này thường sẫm mầu. Ngược lại, trong điều kiện nhiệt độ thấp, các ion hóa trị 2 khác đã tách ra trước, trong môi trường chỉ có Zn^{2+} và S^{2-} tạo nên mặt mạng có mật độ cao nhất, do đó, xuất hiện các tinh thể 12 mặt thoi. Loại sfalerit này có màu nhạt.

Về mối quan hệ giữa hình thái của tinh thể riêng lẻ với nguồn gốc, B. C. Xobolev đã phân tập tính của tinh thể ra hai loại:

1- Trong điều kiện độ linh động của các thành phần tương đối cao (như trong đá macma, pecmatit và nhiệt dịch nhiệt độ cao, các khoáng vật có gốc muối, v.v...) thì khi kết tinh các tập tính phổ biến có dạng đẳng thước. Nói chung, những mặt mạng có mật độ cực đại (tính cả ion âm và dương) giữ vai trò quan trọng, còn mặt mạng chứa cùng một loại ion chỉ giữ vai trò thứ yếu.

2- Trong điều kiện độ linh động của các thành phần thấp (như trong tác dụng biến chất, tác dụng phun trào và tác dụng biến keo) thì những mặt đặc trưng nhất thường song song với những lớp chồng khít chặt chẽ nhất của ion âm. Do đó những mặt mạng chứa cùng một loại ion có ý nghĩa rất quan trọng.

3- Kích thước của tinh thể

Kích thước của tinh thể riêng lẻ chênh lệch nhau rất nhiều. Có những tinh thể khổng lồ dài hàng chục mét, nặng hàng trăm tấn. Như tinh thể spođumen (ở Mỹ) có kích thước 1 × 14m, nặng 100.000kg; tinh thể microclin (Thụy Điển) lớn tới 10 × 10m, nặng 100 tấn. Ngược lại, có những khoáng vật tinh thể của nó không nhìn thấy được bằng mắt thường hay kính hiển vi thông thường; chỉ dưới kính hiển vi điện tử phóng đại hàng chục vạn lần mới phát hiện được hình dạng và kích thước của chúng. Ví dụ, những tinh thể tấm lục giác của kaolin, những tinh thể hình ống hay que của halozit chỉ dài vài micron. Các khoáng vật dạng keo, các khoáng vật sét, kích thước của mỗi tinh thể đôi khi chỉ tới 0,1μ trở xuống.

Căn cứ vào tỷ lệ kích thước ba chiều trong không gian người ta chia ra ba loại hình dạng tinh thể.

1- Dạng đẳng thước: ba kích thước không gian bằng nhau. Ví dụ, lập phương của pirit, bát diện của manhetit và những khoáng vật có dạng hạt khác.

2- Dạng kéo dài theo một phương: hình cột, hình trụ, hình kim, hình sợi. Ví dụ, các tinh thể của tuamalin, barit, atbet.

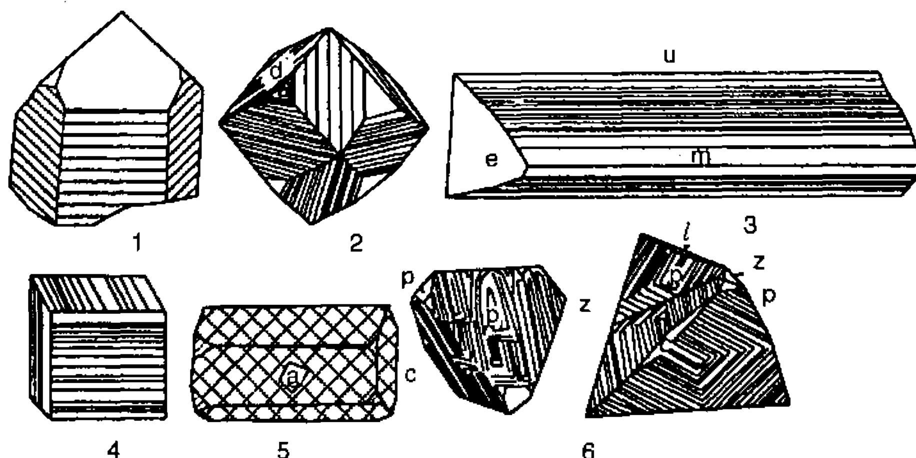
3- Dạng kéo dài theo hai phương: hình tấm, hình lá, hình vẩy. Ví dụ, các tinh thể thạch cao dạng tấm, mutcovit, xerixit.

Ngoài ra còn có những dạng trung gian và các tinh thể méo mó khác.

4- Các vết chạm trổ trên mặt tinh thể

Các vết chạm trổ trên mặt tinh thể bao gồm các khía song tinh và tụ hình, các vết khía xoắn ốc, vết xâm thực và mặt cảm ứng. Đó là dấu vết để lại trong quá trình trưởng thành của tinh thể hoặc là kết quả của những tác dụng tự nhiên về sau. Do đó, nó có thể dùng để lý giải về nguồn gốc và làm dấu hiệu giám định khoáng vật.

Trên mặt lăng trụ của thạch anh thường có những vết khía song song nằm ngang. Trên mặt lăng trụ của tuamalin và berin thì có những vết khía song song dọc theo chiều kéo dài của tinh thể. Trên đơn hình{0001} của corinđon thường thấy những vết khía xiên chéo tạo thành những hình tam giác đều. Trên các mặt của tinh thể pirit có những vết khía song song theo ba phương thẳng góc với nhau (H.5.2). Các vết khía thành tạo do hai nguyên nhân:



1- Thạch anh; 2- Kim cương; 3- Acsenopirit; 4- Pirit; 5- Corindon; 6- Chancopirit

***Hình 5.2** Các vết chạm trổ trên mặt tinh thể*

1- *Vết khía tụ hình*: Do kết quả lặp lại nhiều lần những mặt rất hẹp nằm kề nhau trong quá trình trưởng thành của tinh thể, như pirit, tuamalin.

2- *Vết khía song tinh*: Do kết quả lặp lại nhiều lần của vô số các mặt ghép song song với nhau trong sự hình thành các song tinh tụ phiến như plagiocla, canxit, ...

Các vết khía xoắn ốc là do điều kiện phát triển xoắn ốc của một số tinh thể. Mắt thường có khi không thể thấy được vết khía đó, phải dùng phương pháp phủ khí thăng hoa của $ClNH_4$ lên mặt mẫu mài láng rồi quan sát dưới kính hiển vi phản quang. Ví dụ, các vòng xoắn ốc trên sfalerit.

Hình xâm thực là do tác dụng của các dung dịch tự nhiên lên các tinh thể trong quá trình phát triển hay sự gặm mòn về sau của chúng. Hình xâm thực khác nhau tùy theo loại khoáng vật và theo các đơn hình khác nhau trên cùng một khoáng vật; mặt khác nó còn phụ thuộc vào tính chất của dung dịch gặm mòn, nhiệt độ và thời gian tác dụng,... Đương nhiên những mặt tinh thể thuộc về một đơn hình của cùng một tinh thể (tính chất các mặt mạng giống nhau) dưới tác dụng của những điều kiện bên ngoài giống nhau thì sẽ cho hình xâm thực giống nhau. Ví dụ, hình xâm thực tự nhiên trên đơn hình khối mặt thoi của thạch anh và hình xâm thực nhân tạo dùng dung dịch cacbonat kiềm đun nóng để gặm mòn cũng trên đơn hình đó đều là hình tam giác đều. Nhưng nếu dùng HF để gặm mòn thì sẽ cho ta một hình xâm thực khác hẳn.

5.2 HÌNH THÁI CỦA TẬP HỢP KHOÁNG VẬT

Như trên đã nói khoáng vật thường xuất hiện dưới dạng những đám đơn tinh thể tụ tập với nhau. Những tụ tập như vậy gọi là tập hợp của khoáng vật. Tập hợp khoáng vật có muôn hình muôn vẻ. Trong phần này chỉ đề cập tới những dạng tập hợp điển hình và giải thích mối quan hệ giữa hình thái của tập hợp với nguồn gốc sinh thành của chúng. Do đó nghiên cứu hình thái tập hợp khoáng vật vừa có ý nghĩa giám định khoáng vật vừa có ý nghĩa luận đoán hoàn cảnh sinh thành khoáng vật. Dưới đây trình bày một số dạng tập hợp chủ yếu nhất.

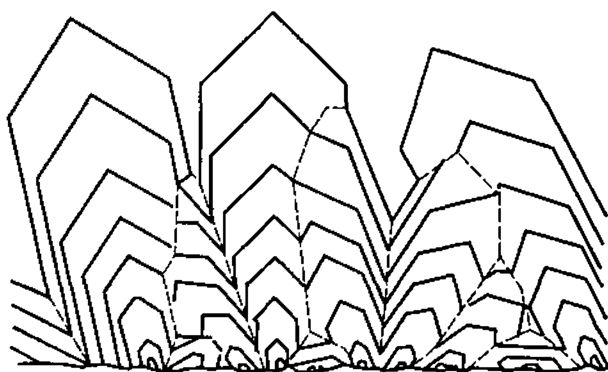
1- Tập hợp hạt

Tập hợp hạt do nhiều tinh thể dạng hạt ghép với nhau mà thành. Có lúc những hạt này có hình dạng hình học hoàn chỉnh, nhưng phần lớn thường thành những hạt méo mó do môi trường kết tinh đồng thời xuất hiện dày đặc các trung tâm kết tinh, giữa chúng có hiện tượng tranh giành không gian tự do. Đây là loại tập hợp thường hay gặp nhất trong tự nhiên. Tùy theo kích thước người ta chia ra mấy loại tập hợp hạt sau đây:

1- Tập hợp hạt lớn đường kính hạt > 5mm.
2- Tập hợp hạt vừa đường kính hạt 1 – 5mm.
3- Tập hợp hạt bé đường kính hạt < 1mm.
4- Tập hợp hạt vi tinh còn gọi là tập hợp khối đặc xít, mắt thường khó phân biệt được ranh giới các hạt.

2- Tập hợp tinh đám

Tập hợp tinh đám thường dùng để chỉ những tập hợp đơn tinh thể mọc chung trên cùng một đáy. Những tinh thể này một đầu gắn chặt vào đáy còn đầu kia thì mọc tự do nhưng bao giờ cũng theo qui luật mọc thẳng góc với đáy (hoặc gần thẳng góc với đáy). Những tinh thể phát triển đúng qui luật thì có hình dạng hoàn chỉnh, trong quá trình trưởng thành bao giờ cũng chiếm ưu thế để đạt tới hình dạng cuối cùng. Còn những tinh thể không phát triển đúng qui luật thì bị những tinh thể phát triển đúng qui luật lấn chiếm không gian mất khả năng phát triển tiếp tục và cuối cùng bị đào thải ra khỏi tập hợp. Hiện tượng đó gọi là "đào thải hình học" (H.5.3).

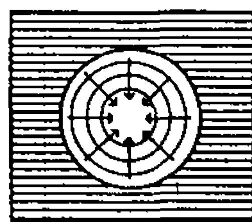


***Hình 5.3** Sơ đồ biểu diễn quy luật đào thải hình học (theo Grigoriev D. P.)*

Trên hình vẽ chúng ta thấy rõ có nhiều mầm tinh thể (những chấm đen) cùng phát sinh trên một đáy chung, nhưng chỉ có những mầm mọc đúng qui luật hoặc gần dúng qui luật mới đạt tới hình dạng cuối cùng của mình. Những tập hợp tinh đám thường gặp nhất là của các khoáng vật như tuamalin, thạch anh, fluorin, canxit..., chúng đều là những nguyên liệu rất quí trong công nghiệp.

3- Tập hợp tinh tiết

Một số khoáng vật kết tinh hay khoáng vật dạng keo lắng đọng trong các hốc rồi dần dần lấp đầy hốc theo chiều từ ngoài thành vào đến trung tâm tạo nên những vành không qui luật nhưng đều có dạng chung là những vòng tròn đồng tâm. Đó là tập hợp tinh tiết (H.5.4).

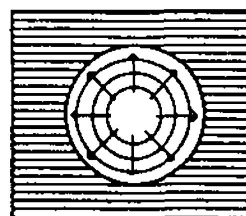


Hình 5.4 *Quá trình hình thành tập hợp tinh tiết*

Sự thành tạo những vành có màu sắc khác nhau của mã não có thể giải thích bởi hiện tượng kết tinh có chu kỳ hoặc do hiện tượng khuếch tán vật chất từ ngoài vào trong gây nên. Những tinh hốc kích thước bé thì vật chất sẽ lấp đầy hoàn toàn còn những tinh hốc lớn, vật chất không đủ lấp đầy thì ở trong thông thường còn một khoảng trống, trên thành sẽ mọc những tính đám nhỏ hoặc những tập hợp dạng chung nhũ.

4- Tập hợp kết hạch

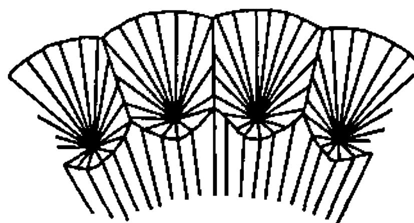
Tập hợp kết hạch bề ngoài có dạng hình cầu hay hình bầu dục, bên trong có cấu tạo những vành đồng tâm giống như tinh tiết nhưng phương thức thành tạo ngược với tinh tiết. Trong môi trường trầm tích, khi môi trường đã quá bão hòa về một thành phần nào đó, nếu xuất hiện những trung tâm kết tinh như các hạt cát, những mảnh vỏ sò hoặc bọt khí thì vật chất bão hoà sẽ kết tinh xung quanh các trung tâm kết tinh đó và càng ngày càng bù đắp rồi lớn dần lên. Cũng do hiện tượng kết tinh chu kỳ, kết hạch cũng có cấu tạo vòng đồng tâm và phóng tỏa, nhưng trình tự thành tạo là từ trong nhân ra ngoài (H.5.5). Những khoáng vật thường có tập hợp kết hạch là fotforit, canxit, pirit và macazit, siderit và barit...



Hình 5.5 *Quá trình hình thành tập hợp kết hạch*

Kích thước các kết hạch đôi khi rất lớn, đường kính tới hàng mấy mét, nhưng đôi khi chỉ bé khoảng vài mm.

Những kết hạch kích thước nhỏ hơn phần mười milimet tới 10 milimet thường gọi là dạng trứng cá hay dạng hình cầu. Tập hợp trứng cá có cấu tạo vỏ đồng tâm, còn tập hợp hình cầu thì bên trong có thể thấy cấu tạo phóng tỏa (có khi còn gọi là tập hợp hình cầu phóng tỏa). Mỗi một dạng tập hợp phản ánh một điều kiện thành tạo riêng biệt. Dạng trứng cá thành tạo do sự kết tinh của thành phần bão hòa xung quanh những chất điểm nổi lơ lửng trong môi trường, còn dạng hình cầu phóng tỏa thì bị qui luật đào thải hình học chi phối mà thành (H.5.6). Mỗi tia phóng tỏa lại có

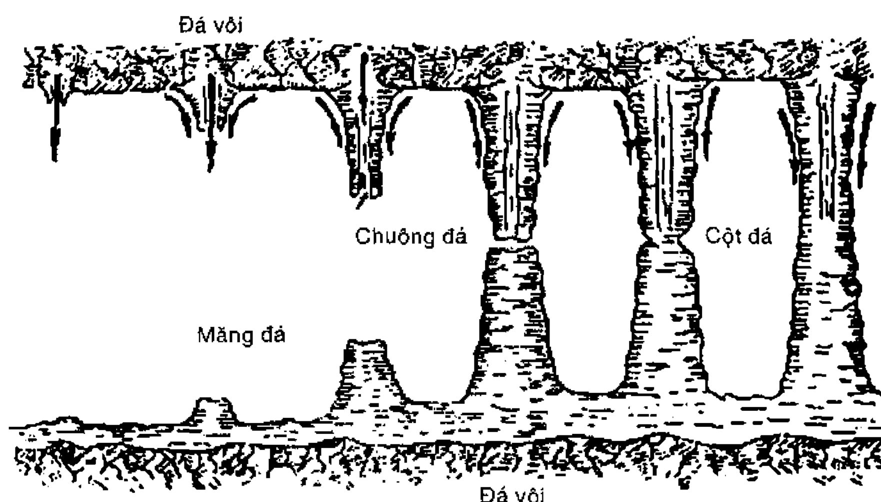


Hình 5.6 *Sơ đồ thành tạo các hình cầu phóng tỏa*

thể phát triển thành một hình cầu mới, đồng thời vẫn kéo dài liên tục. Do đó mặt bên ngoài tập hợp tạo thành những bướu hình thận mà phần trong vẫn có cấu tạo phóng tỏa. Những tập hợp giống trứng cá nhưng không có cấu tạo đồng tâm gọi là dạng hạt đậu.

5- Tập hợp chung nhũ

Những dung dịch hóa học tự nhiên hay dung dịch keo do mất nước và dần dần ngưng tụ lại, nói chung tạo nên những tập hợp chung nhũ. Vì hình thái của chung nhũ rất phong phú cho nên mang nhiều tên khác nhau. Nếu chung nhũ thành tạo từ trên trần các hang động buông thõng xuống gọi là chuông đá, nếu nhũ mọc từ dưới nền lên gọi là măng đá. Khi măng đá và chuông đá nối liền với nhau thì hình thành cột đá (H.5.7).



Hình 5.7 *Sơ đồ hình thành các loại chung nhũ*

Những măng, chuông và cột đá bao giờ cũng mọc thẳng đứng theo chiều trọng lực. Nếu thấy nghiêng thì chuông đá chịu ảnh hưởng của các hoạt động kiến tạo về sau. Bên trong chung nhũ cũng có cấu tạo vành đồng tâm và phóng tỏa.

Ở Việt Nam thường gặp các chuông đá, măng đá, cột đá trong các hang động đá vôi. Chúng tạo nên những cảnh quan kỳ thú, huyền ảo lãng mạn như động Phong Nha (Quảng Bình), động Hương Tích (Hà Tây) đều là những địa danh du lịch nổi tiếng của nước ta.



Hình 5.8 *Hang động Phong Nha ở Quảng Bình với thạch nhũ phát triển trong đá vôi*

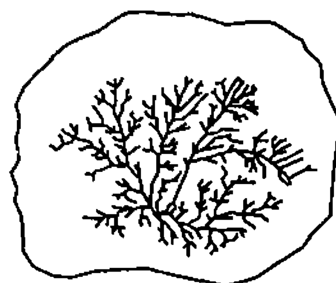
Ngoài ra những dạng tập hợp như chùm nho, hình vú, dạng thận đều

thành tạo theo phương thức tương tự. Những dạng này thường thành tạo từ các dung dịch keo nên có xu hướng làm giảm tỷ diện tích của hạt keo.

Những khoáng vật thường có dạng chung nhũ (H.5.8) như cacbonat canxi (canxit, aragonit) hoặc hidroxit sắt (limonit, gơtit), cacbonat canxit (canxit, aragonit), cacbonat đồng (malachit, azurit) chúng đều được thành tạo trong điều kiện ngoại sinh.

6- Tập hợp dạng cành cây

Hình thái của tập hợp này giống hình cây rêu hay hình cành cây, thành tạo do sự phát triển của tinh thể theo một vài phương khác nhau hoặc do ghép nhiều liên tinh với nhau mà thành. Đôi khi thấy chúng nằm trên các mặt áp vào nhau của khe nứt (H.5.9). Rõ ràng sự thành tạo dạng tập hợp cành cây còn liên quan tới những hoạt động cấu tạo và độ nhẵn của mặt khe nứt.



Hình 5.9 *Tập hợp dạng cành cây*

7- Tập hợp dạng đất

Dùng để chỉ những tập hợp khoáng vật bột mềm, gắn kết với nhau yếu ớt, dễ vụn rời, thông thường là do các loại đá bị phong hóa mà thành. Đa số các loại khoáng vật sét có dạng tập hợp này.

Ngoài các dạng tập hợp trên đây còn có các dạng tập hợp khác như tập hợp hình kim, tập hợp vẩy, tập hợp màng bám.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 5

5.1. Cùng một loại khoáng vật nhưng hình thành trong những điều kiện khác nhau sẽ cho những hình dạng khác nhau. Nguyên nhân chủ yếu là gì? Quan hệ giữa điều kiện sinh thành và hình dạng của khoáng vật như thế nào? Tập tính của khoáng vật là gì?

5.2. Tại sao trong thiên nhiên kích thước của khoáng vật lại lớn bé khác nhau? Yếu tố nào có ảnh hưởng quyết định đối với kích thước của khoáng vật?

5.3. Thế nào là vết chạm trổ nguyên sinh, thứ sinh? Trong thực tế làm thế nào để phân biệt được chúng?

5.4. Những điểm giống nhau và khác nhau giữa tinh thể lý tưởng (trong tinh thể học) và tinh thể thực là gì?

5.5. Tập hợp tinh đám là gì? Phương thức hình thành tinh đám như thế nào? Tại sao có tinh đám hình răng lược?

5.6. Tập hợp tinh tiết và tập hợp kết hạch khác nhau như thế nào? Chúng được hình thành trong môi trường nào?

5.7. Tại sao trong các hang động đá vôi thường thấy các dạng tập hợp chung nhũ (chuông đá, măng đá)? Cách thức hình thành của nó như thế nào? Trong thạch cao ($CaSO_4.2H_2O$) có thể thành tạo tập hợp chung nhũ không? Tại sao?

Chương 6

TÍNH CHẤT VẬT LÝ CỦA KHOÁNG VẬT

Tính chất vật lý của khoáng vật là sự phản ánh khách quan thành phần hóa học và kiến trúc bên trong của khoáng vật, cũng có ý nghĩa phản ánh những đặc điểm về hoá học tinh thể của khoáng vật. Mỗi một loại khoáng vật có những đặc tính vật lý riêng của mình. Đó là dấu hiệu nhận biết khoáng vật và phân biệt với các khoáng vật khác. Cùng một loại khoáng vật nhưng thành tạo trong điều kiện hóa lý khác nhau thì những hằng số vật lý về chi tiết cũng khác nhau. Sự khác nhau đó giúp chúng ta suy đoán hoàn cảnh sinh thành của chúng. Quan trọng hơn cả là một số tính chất vật lý của khoáng vật được ứng dụng rộng rãi trong đời sống và nhiều lĩnh vực công nghiệp, quốc phòng làm cho khoáng vật có giá trị thực tiễn vô cùng to lớn.

Vì tính chất vật lý của khoáng vật rất phong phú nên phương pháp nghiên cứu chúng cũng khá phức tạp. Tính chất vật lý của khoáng vật đã được nghiên cứu từ lâu, nhưng trừ tính chất quang học ra, các tính chất khác nghiên cứu chưa đủ hoặc là mới bắt đầu. Trong thời gian gần đây do sự phát triển mạnh mẽ của vật lý chất rắn, việc nghiên cứu các tính chất vật lý của khoáng vật đã cung cấp cho vật lý học khoáng vật nhiều căn cứ lý luận và thực nghiệm quý báu.

Dưới đây sẽ giới thiệu một số tính chất vật lý quan trọng nhất.

6.1 TÍNH CHẤT QUANG HỌC CỦA KHOÁNG VẬT

Tính chất quang học biểu hiện khả năng hấp thụ, chiết xạ và phản xạ của khoáng vật đối với ánh sáng. Những tính chất đó được thể hiện ở độ trong suốt, ánh, màu, sắc và màu vết vạch của khoáng vật.

1- Độ trong suốt

Khi ánh sáng chiếu vào một môi trường khoáng vật, một phần bị phản xạ gây nên ánh khoáng vật (sẽ nói ở mục sau) một phần khác xuyên qua môi trường. Phần ánh sáng này sẽ quyết định độ trong suốt của khoáng vật. Một khoáng vật tuyệt đối trong suốt là khoáng vật để ánh sáng xuyên qua hoàn toàn, nghĩa là không hấp thụ một tý ánh sáng nào đi qua. Thực tế không có những khoáng vật trong suốt tuyệt đối như vậy. Nước cất khi có một lớp dày cũng mang màu xanh vì nó đã hấp thụ những tia đỏ của quang phổ. Những tấm kim loại hầu như không để ánh sáng xuyên qua, nhưng nếu mài mỏng thì cũng có thể cho ánh sáng lọt qua. Do đó không có khoáng vật không trong suốt tuyệt đối.

Khái niệm về độ trong suốt chỉ có ý nghĩa tương đối. Cũng trên mức độ tương đối đó người ta chia khoáng vật ra làm ba nhóm.

1- Khoáng vật trong suốt: topa, thạch anh pha lê.

2- Khoáng vật nửa trong suốt: là những khoáng vật có thể cho một số tia sáng đi qua. Ví dụ: berin thuần khiết, sfalerit, thần sa.

3- Khoáng vật không trong suốt: pirit, pirotin, grafit.

Trong các khoáng vật kết tinh, do tính dị hướng, theo các phương khác nhau có hiện tượng hấp thụ chọn lọc các tia sáng khác nhau, nhưng mắt thường nhiều khi không phân biệt được. Do đó có thể xem độ trong suốt không có tính dị hướng.

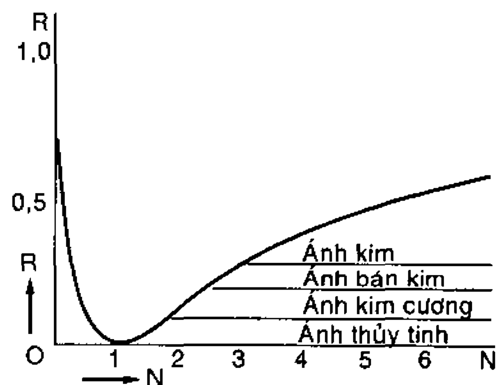
2- Ánh và chiết suất

Năng lực phản xạ của khoáng vật khi chiếu tia sáng lên bề mặt của nó gọi là ánh của khoáng vật. Ánh gần như không phụ thuộc vào màu khoáng vật. Ánh là năng suất phản xạ của khoáng vật, phụ thuộc vào chiết suất được biểu diễn trong công thức:

$$R = \left(\frac{N-1}{N+1}\right)^2 \qquad (6.1)$$

trong đó: R - năng suất phản xạ, R luôn luôn < 1
N - chiết suất của khoáng vật đối với không khí.

Căn cứ vào chiết suất người ta chia ánh của khoáng vật thành 4 cấp (H.6.1):



Hình 6.1 *Sự phụ thuộc giữa năng suất phản xạ (R) và chiết suất (N) của khoáng vật*

1- *Ánh thủy tinh* N = 1,3 – 1,9.

Ví dụ: criolit (N = 1,34 – 1,36); fluorin (N = 1,43); thạch anh (N = 1,544). Những khoáng vật phi kim loại, trong mạng có nhiều chỗ trống, năng suất hấp thụ nhỏ, chiết suất bé thường có ánh thủy tinh. Các khoáng vật nhánh nguyên tố tự nhiên có tới 70% có ánh thủy tinh.

2- *Ánh kim cương* N = 1,9 – 2,6.

Ví dụ: ziacon (N = 1,92 – 1,96); caxiterit (N= 1,99 – 2,00); sfalerit (N = 2,3 – 2,4).

3- *Ánh bán kim* N = 2,6 – 3,0.

Ví dụ: thần sa (N = 2,91); hematit (N = 3,01).

4- *Ánh kim* N > 3.

Ví dụ: piroluzit kết tinh, galen, pirit, molipdenit, v.v...

Phần lớn khoáng vật nhánh sunfua và oxit của các kim loại có mối liên kết ion hay ion và cộng hóa trị có ánh bán kim.

Bảng 6.1 Giới hạn các cấp ánh của khoáng vật

Cấp ánh	Giới hạn chiết suất (N)	Giới hạn năng suất phản xạ (R)%	Các khoáng vật điển hình		
			Tên khoáng vật	N	(R) %
Ánh thủy tinh	1,3 – 1,9	4 – 10	Nước đá Fluorin Thạch anh Corindon Granat	1,309 1,434 1,544 1,768 1,763 ~ 1,895	2 3,1 4,5 7,8 7,6 ~ 9,5
Ánh kim cương	1,9 – 2,6	10 - 19	Ziacon Caxiterit Sfalerit Kim cương	1,95 2,00 2,37 2,419	10,2 11,7 16,5 17,2
Ánh bán kim	2,6 – 3,0	19 – 25	Thần sa Hematit	2,85 3,00	23,1 25,0
Ánh kim	> 3,0	25	Antimonit Molipđenit	4,046 4,70	36,0 42,0

Căn cứ vào kết quả thực nghiệm, giới hạn của chiết suất và của năng suất phản xạ có thể biểu diễn trong bảng 6.1.

Đối với khoáng vật không trong suốt, năng suất phản xạ còn phụ thuộc vào hệ số hấp thụ K và được biểu diễn theo công thức sau:

$$R = \frac{(N-1)^2 + N^2K^2}{(N+1)^2 + N^2K^2} \tag{6.2}$$

Như vậy năng suất phản xạ của khoáng vật không trong suốt trên thực tế cao hơn trong công thức lý thuyết (1) của Fresnen một ít, nghĩa là ánh của nó mạnh hơn ánh đã phân loại ở trên.

Ví dụ: manhetit (N = 2,42) đáng lẽ thuộc loại ánh kim cương, nhưng vì không trong suốt, hấp thụ ánh sáng mạnh đo đó năng suất phản xạ cao hơn và có ánh bán kim.

Đối với những khoáng vật có lưỡng chiết suất cao thì ánh của nó sẽ thay đổi. Ví dụ, ocpimen (As_2S_3) theo Ng = 3,0 theo Np = 2,4 do đó lúc thấy nó có ánh bán kim, lúc thấy nó có ánh kim cương. Đó là tính dị hướng về ánh của khoáng vật.

Quan sát ánh của khoáng vật thường căn cứ vào các mặt cát khai hay mặt của tinh thể, nhưng thực tế chúng ta thường thấy ánh trên tập hợp của chúng, do đó, ánh còn phụ thuộc vào mặt phản chiếu của khoáng vật nữa. Chính vì thế, ngoài bốn loại ánh nói trên, người ta còn đặt tên thêm cho một số loại ánh khác. Ví dụ, ánh mỡ và ánh nhựa để chỉ những khoáng vật có ánh kim cương hay thủy tinh, nhưng vì mặt phản chiếu không nhẵn làm cho phần ánh sáng phản xạ phân tán theo nhiều phương khác nhau, năng suất phản xạ giảm xuống, gây ra cảm giác giống như trên mặt phản chiếu có tráng một lớp mỡ hay nhựa. Những khoáng vật nhạt màu thường

có ánh mỡ như sielit, nefelin, những khoáng vật xẫm màu thường có ánh nhựa như caxiterit. Ánh sáp là loại ánh của khoáng vật ẩn tinh dạng khối, nhạt màu hoặc của các chất keo thể rắn có bề mặt phản chiếu xù xì, ánh rất yếu giống như ánh phản chiếu trên sáp ong nên gọi là ánh sáp. Ví dụ, các khoáng vật thuộc nhóm halozit. Ánh đất dùng để chỉ những khoáng vật phân tán nhỏ bề mặt của nó có nhiều lỗ hổng bé, khi ánh sáng chiếu vào thì phản xạ theo nhiều phương và bị giữ lại trong các lỗ hổng bé, giống như những cái "bẫy ánh sáng". Ví dụ: piroluzit, kaolin dạng đất. Ánh tơ là ánh của khoáng vật có dạng sợi song song, do kết quả của ánh sáng phản xạ giao thoa lẫn nhau làm cho ta có cảm giác như tơ. Những khoáng vật có dạng sợi như atbet, thạch cao sợi đều có ánh tơ.

Điều cần chú ý là ánh do năng suất phản xạ quyết định chứ không phải do lượng ánh sáng phản xạ quyết định. Khi có hai nguồn sáng, cường độ khác nhau chiếu lên cùng một mặt tinh thể thì nguồn sáng nào có cường độ mạnh hơn sẽ cho lượng ánh sáng phản xạ mạnh hơn. Do đó khi quan sát ánh khoáng vật cần phải xem trong những điều kiện giống nhau. Tốt nhất là quan sát dưới ánh sáng mặt trời.

3- Màu của khoáng vật

Màu sắc là một trong những đặc tính quan trọng nhất của khoáng vật. Đó là tính chất đầu tiên khiến người ta chú ý tới mỗi khi quan sát khoáng vật. Rất nhiều khoáng vật có màu sắc rất đặc trưng, có thể làm dấu hiệu nhận biết; đôi khi còn giúp ta phán đoán về hoàn cảnh sinh thành ra chúng và làm một trong những dấu hiệu tìm kiếm. Nhiều khoáng vật được mang tên bởi màu sắc đặc trưng của chúng.

Đứng trên quan điểm hóa học tinh thể, sự phát sinh ra màu của khoáng vật là vô cùng phức tạp, trong đó có nhiều vấn đề chưa thể giải quyết được. Nói chung, căn cứ vào nguyên nhân tạo màu có thể phân màu khoáng vật thành ba loại:

Màu tự sắc

Màu tự sắc là màu của bản thân khoáng vật, do các tính chất bên trong của nó quyết định, nhưng có trường hợp vì những nguyên nhân bên ngoài mà thay đổi. Nói chung màu tự sắc tương đối cố định, cho nên đó là một trong những dấu hiệu giám định quan trọng. Màu tự sắc do những nguyên nhân sau đây gây ra.

- Trong thành phần của khoáng vật có chứa các nguyên tố mang màu (các sắc tố) như Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, đôi khi W, Mo, và các đất hiếm (TR). Những nguyên tố trên hoặc là thành phần chính trong khoáng vật, hoặc có khi chỉ thay thế đồng hình cho một số nguyên tố khác. Ion sắc tố tiêu biểu nhất là Cr. Khoáng vật có chứa Cr với những hàm lượng khác nhau có màu sắc sặc sỡ. Ví dụ, trong corinđon (Al_2O_3) nếu lẫn vào chừng 1% Cr thì có màu đỏ tươi (ruby). Cr trong pirop có màu đỏ, trong uvarovit có màu xanh, v.v... Fe cũng là một nguyên tố mang màu rất mạnh. Fe^{2+} thường cho màu lục, Fe^{3+} cho màu nâu đỏ. Cần nhớ rằng một sắc tố không phải chỉ gây nên một màu cố định. Ngược lại một màu sắc nào đó không phải chỉ do một ion sắc tố tạo nên.

Có một số nguyên tố không phải là ion sắc tố nhưng ở trong một số khoáng vật cá biệt thì cũng làm cho khoáng vật đó mang màu. Ví dụ, Rb trong lazurit làm cho khoáng vật có màu lục, Cs trong berin làm cho khoáng vật có màu hồng.

- Màu tự sắc còn do thay đổi thành phần hóa học và tính đồng nhất trong mạng tinh thể. Ví dụ, muối mỏ (NaCl) bản thân không màu nhưng khi phun hơi natri kim loại hoặc chiếu tia âm cực vào làm cho các ion Na^+ biến đổi thành Na nguyên tử thì lại mang màu xanh.

- Sự có mặt trong các hổng kiến trúc các alumosilicat những ion âm Cl^- hay những gốc ion âm như SO^{4-} cũng gây ra màu tự sắc. Ví dụ: màu xanh của lazurit.

Màu ngoại sắc

Màu ngoại sắc thường do các tạp chất cơ học phân tán nhỏ lẫn vào dưới hình thức các tinh dung giao. Các tạp chất cơ học có thể là vô cơ hoặc hữu cơ mang màu như hiđroxit Fe màu nâu, oxit Fe màu đỏ, oxit Mn màu đen, các chất bitum màu đen,... Đôi khi các tạp chất đó là thể khí (bao thể khí) hoặc là các bọt nước tản mạn. Các tạp chất hoặc phân tán đều trong khoáng vật hoặc tập trung lại thành những đường vân hoa rất đẹp, ví dụ, khoáng vật mã não. Vì các tạp chất lẫn vào có thành phần khác nhau nên cùng một khoáng vật có thành phần và kiến trúc giống nhau nhưng màu ngoại sắc của chúng khác hẳn nhau.

Ví dụ: thạch anh (SiO_2).

Nếu tạp chất là actinolit hoặc clorit, ta có thạch anh lục.

Nếu tạp chất là bột gơtit hay vẩy mica, ta có thạch anh màu đỏ nâu.

Nếu tạp chất là hạt bitum, ta có thạch anh ám khói v.v...

Vì ngoại sắc không ổn định, khi thay đổi nhiệt độ thì chúng biến màu nên không thể dùng làm dấu hiệu nhận biết.

Màu giả sắc

Màu giả sắc không liên quan đến bản chất bên trong của khoáng vật, nó do hiện tượng giao thoa ánh sáng trên mặt khoáng vật của ánh sáng tới và ánh sáng phản xạ. Màu giả sắc thường xuất hiện giống như màu cầu vồng. Trên mặt cát khai của mica hoặc trên bề mặt của chancopirit, bocnit có thể thấy rõ các màu sắc đó. Màu giả sắc thay đổi theo phương của mắt quan sát. Khi chuyển động mẫu quan sát thì màu giả sắc cũng thay đổi theo. Màu giả sắc không cố định nên trong một số trường hợp đặc biệt mới có thể dùng làm dấu hiệu giám định khoáng vật.

Màu của khoáng vật vô cùng phức tạp. Trong khoáng vật học, để tiện phân biệt màu sắc thường dùng tên kép để gọi màu của chúng. Ví dụ: màu lục vàng, màu đỏ nâu. Khi màu giống nhau nhưng sắc khác nhau thì có thể dùng độ đậm, nhạt để mô tả. Ví dụ: màu đỏ thẫm, màu lục nhạt, màu vàng tươi. Để mô tả màu sắc của khoáng vật một cách sinh động hơn, người ta thường dùng màu sắc của những vật đã quen biết ghép cùng màu chính của khoáng vật. Ví dụ: màu xám chì, màu đen sắt, màu trắng sữa, màu vàng cam... Mặc dù việc mô tả màu sắc của khoáng vật chỉ là tương đối nhưng trong các tài liệu khoáng vật học, đối với từng khoáng vật thì màu sắc được mô tả tương đối thống nhất.

Thông thường những màu sắc được lấy làm tiêu chuẩn là những màu sắc dưới đây:

1. Màu tím - thạch anh tím. **2.** Màu xanh - azurit. **3.** Màu lục - malachit. **4.** Màu vàng - thư hoàng. **5.** Màu đỏ - thần sa. **6.** Màu nâu - limonit. **7.** Màu đen - piroluzit. **8.** Màu trắng thiếc - acsenpirit. **9.** Màu xám chì - molipđenit. **10.** Màu xám thép - tetraedrit. **11.** Màu đen sắt - manhetit. **12.** Màu đỏ đồng - đồng tự nhiên. **13.** Màu vàng đồng - chancopirit. **14.** Màu vàng kim - vàng tự nhiên.

Đối với những người mới học, sau khi nắm vững những màu sắc tiêu chuẩn tương đối cố định còn cần phải so sánh với các khoáng vật khác có màu tương tự. Trên cơ sở so sánh quan sát nhiều lần dần dần phân biệt sự khác nhau rất nhỏ trong màu sắc, nếu không sẽ mắc sai lầm trong giám định.

4- Màu vết vạch

Thông thường để thử vết vạch người ta đem vạch khoáng vật lên một tấm sứ nhám màu trắng. Bột khoáng vật để lại trên tấm sứ gọi là vết vạch. Màu của bột khoáng vật là màu vết vạch. Các loại khoáng vật đều có màu vết vạch riêng của mình và đối với từng khoáng vật thì màu vết vạch ổn định hơn màu khoáng vật, do đó có thể dùng làm một dấu hiệu đặc trưng để giám định khoáng vật.

Một số khoáng vật có màu và màu vết vạch giống nhau. Ví dụ, malachit màu và màu vết vạch đều lục. Nhưng có một số khoáng vật màu vết vạch và màu của nó khác nhau. Ví dụ, hematit kết tinh, màu gần như đen, nhưng vết vạch có màu đỏ rượu vang hay đỏ máu.

Có một số khoáng vật, màu vết vạch có thể dùng để phán đoán thành phần hóa học vì độ đậm nhạt của vết vạch có liên quan tới các hàm lượng của thành phần đó. Ví dụ, sfalerit (ZnS) vết vạch thường có màu vàng nhạt hoặc không màu. Nhưng sfalerit chứa sắt (Zn, Fe) S thì vết vạch thường có màu sẫm. Nếu nắm được một cách thành thục quan hệ giữa hàm lượng cụ thể của thành phần khoáng vật với độ đậm nhạt của vết vạch thì hoàn toàn có thể xác định được các biến thể đồng hình trong khoáng vật.

Sau khi nghiên cứu xong các tính chất quang học của khoáng vật, chúng ta có thể thấy tồn tại mối quan hệ tương hỗ giữa độ trong suốt, ánh, màu và màu vết vạch. Quan hệ đó được biểu diễn trong bảng 6.2.

***Bảng 6.2** Quan hệ giữa các tính chất quang học của khoáng vật*

Độ trong suốt	Trong suốt	Nửa trong suốt	Không trong suốt
Ánh	Thủy tinh kim cương	Bán kim	Kim
Màu	Không màu	Nhạt màu-sẫm màu	Màu kim loại
Màu vết vạch	Không màu hoặc trắng	Màu nhạt – màu sẫm hoặc màu kim loại	

Nhưng cũng cần chỉ ra rằng những tính chất quang học trên là căn cứ vào những quan sát bằng mắt thường, đồng thời không phải tính chất quang học của tất cả các khoáng vật đều có mối quan hệ trên. Ví dụ, các khoáng vật piroxen và amfibon thường thấy, có màu đen nhưng dưới lát mỏng nó vẫn trong suốt chứ không phải là bán trong suốt và càng không phải là không trong suốt.

6.2 TÍNH CHẤT CƠ HỌC CỦA KHOÁNG VẬT

Tính chất cơ học của khoáng vật là tính chất biểu hiện khi khoáng vật có những lực tác dụng bên ngoài, ví dụ; sự đập, sự rạch, ép, kéo, ... Trong phần này sẽ nói về các tính chất như cát khai, tách khai, vết vỡ và độ cứng.

1- Cát khai

Cát khai là tính chất đặc biệt của vật chất kết tinh. Các tinh thể khoáng vật hay hạt khoáng vật dưới tác dụng ngoại lực tách thành những mặt phẳng rất nhẵn theo phương hướng kết tinh nhất định, những mặt tách ra như vậy gọi là mặt cát khai. Sự phân bố các mặt cát khai trên tinh thể hoàn toàn phù hợp với quy luật đối xứng và song song với những mặt có mật độ lớn nhất trong kiến trúc tinh thể. Tính cát khai đối với một số khoáng vật là dấu hiệu giám định đặc trưng. Trong công nghiệp người ta cũng đã sử dụng tính chất cát khai của nhiều khoáng vật như tan, grafit... do đó, cát khai có ý nghĩa thực tế nhất định.

Cát khai và kiểu kiến trúc tinh thể có mối quan hệ rất khăng khít. Trong tinh thể có mối liên kết đồng cực (mối liên kế kim loại, mối liên kết cộng hóa trị, mối liên kết phân tử) thì yếu tố hình học có ảnh hưởng quan trọng tới cát khai.

Trong những tinh thể có mối liên hệ dị cực (mối liên kết ion) thì diện tích và yếu tố hình học đều ảnh hưởng như nhau tới tính chất cát khai. Vì trong tinh thể dị cực, lực liên kết giữa các ion khác dấu tương đối lớn cho nên mặt cát khai thường song song với mặt mạng có mật độ cao chứa cả hai loại ion khác dấu mà không nhất định phải song song với mặt mạng có khoảng cách mặt mạng lớn nhất.

Ví dụ: cát khai của sfalerit theo (110) hoàn toàn, nó chỉ song song với mặt mạng có mật độ các ion khác dấu lớn nhất mà không song song với mặt mạng có khoảng cách mặt mạng lớn nhất (H.6.2), theo (111) cát khai trung bình, còn theo (100) cát khai kém. Từ đó có thể thấy rõ quan hệ của cát khai và yếu tố tĩnh diện.

Ngoài ra, cát khai còn liên quan với tính chất kiến trúc tinh thể. Cát khai của những khoáng vật có kiến trúc dạng mạch nói chung đều có dạng kéo dài ví dụ, antimonit và piroxen. Cát khai của những khoáng vật có kiến trúc lớp đều có cát khai thành tấm mỏng như mica, molipđenit.

Vì lực liên kết giữa các mặt mạng với nhau mạnh yếu khác nhau, do đó, trên mặt cát khai cũng phản ánh trình độ cát khai khác nhau. Trong khoáng vật học chia ra làm năm mức độ cát khai.

1- Cát khai rất hoàn toàn: khoáng vật rất dễ tách theo những phương hướng nhất định thành những lá mỏng, mặt cát khai trơn nhẵn. Trên loại khoáng vật này khó tìm thấy được các vết vỡ. Ví dụ: mica, clorit.

2- Cát khai hoàn toàn: lấy búa nhỏ dập nhẹ lên khoáng vật chúng bị tách ra thành những mảnh nhỏ giống tinh thể mẹ, mặt cát khai tương đối nhẵn. Ví dụ: galen, canxit.

3- Cát khai trung bình: khi bị tác dụng ngoại lực khó tách ra thành những mặt phẳng nhất định. Trên những mảnh vụn khoáng vật vừa có thể thấy cát khai vừa có thể thấy những vết vỡ, mặt cát khai không liên tục. Ví dụ: piroxen, amfibon.

4- Cát khai không hoàn toàn: rất khó nhìn thấy những mặt cát khai, đại bộ phận là những vết vỡ. Ví dụ: berin, caxiterit.

5- Cát khai rất không hoàn toàn: trên thực tế là không có cát khai, chỉ trong những trường hợp đặc biệt mới có thể phát hiện những mặt cát khai phân bố linh tinh. Ví dụ: thạch anh.

1,35
Mặt mạng S
Mặt mạng Zn
Trục 100
Trục 111
2,35
0,78
Mặt mạng Zn
Zn
S
Mặt mạng ZnS
Mặt mạng -ZnS
Trục 110
1,90
α_0 = 5,406Å

***Hình 6.2** Quan hệ kiến trúc tinh thể với trình độ cát khai của sfalerit (các chữ số ghi khoảng cách giữa các mặt mạng tính bằng Å)*

2- Tách khai

Tách khai là tính chất của khoáng vật chịu tác dụng của ngoại lực thì tách theo một số phương kết tinh học nào đó. Bên ngoài, mặt tách khai cũng tương tự như mặt cát khai nên người ta còn gọi là giả cát khai.

Nguyên nhân của tách khai đến nay chưa thật rõ ràng. Nói chung người ta cho rằng do các mặt ghép song tinh cơ học hay do các mặt ghép của song tinh tụ phiến tạo nên. Một số người cho rằng do một số bao thể rất nhỏ phân bố dọc theo những mặt chồng khít thành những "tầng kẹp" cũng có thể gây ra tách khai. Do đó, cát khai và tách khai, về bản chất, hoàn toàn khác nhau. Khi quan sát, yêu cầu phân biệt rõ ràng.

Mặt tách khai nói chung không nhẵn lắm. Mặt tách khai cũng không phân bố đều khắp trên toàn bộ mẫu khoáng vật như cát khai, cùng một loại khoáng vật thì không nhất định mẫu nào cũng có tách khai. Vì vậy trong việc nghiên cứu khoáng vật thì tách khai không quan trọng bằng cát khai. Nhưng đối với một số khoáng vật mà nói thì có thể dùng làm một trong những dấu hiệu giám định. Ví dụ, tách khai theo mặt thoi ba phương (1011) và mặt đáy (0001) của corindon và hematit....

3- Vết vỡ

Vết vỡ dùng để chỉ tính chất khoáng vật dưới tác dụng ngoại lực bị vỡ ra không theo bất kỳ một phương hướng kết tinh nào mà thành vết lồi lõm trên bề mặt khoáng vật. Cát khai chỉ phát hiện được trên các vật chất kết tinh, còn vết vỡ thì bất luận trên vật chất kết tinh hay trên chất vô định hình đều có thể phát hiện được. Do hình thái của vết vỡ có nhiều vẻ nên có thể lợi dụng vết vỡ làm dấu hiệu giám định khoáng vật. Hình thái vết vỡ khoáng vật gồm có những dạng sau:

Vết vỡ vỏ sò: Trên mặt cong thường có những vòng đồng tâm giống như hình vỏ sò. Thạch anh và khoáng vật thủy tinh thường có dạng vết vỡ này.

Vết vỡ dạng sợi: Trên các khoáng vật có cấu tạo dạng sợi khi vỡ thành những mảnh nhỏ có dạng sợi như vết vỡ của atbet - crizotin.

Vết vỡ răng cưa: Dùng để chỉ những vết vỡ sắc nhọn lởm chởm giống như hình răng cưa. Những khoáng vật có tính kéo dài mạnh thường có vết vỡ dạng này. Ví dụ, các khoáng vật đồng tự nhiên, bạc tự nhiên.

Vết vỡ xơ: Là vết vỡ của những khoáng vật có cấu tạo sợi khi tách thành mảnh nhỏ thì bị xước chứ không liên tục. Ví dụ: vết vỡ của atbet amfibon.

Vết vỡ dạng đất: Dùng để chỉ những khoáng vật trên mặt vỡ có bột mịn như đất sét, *ví dụ* các khoáng vật nhóm kaolin, piroluzit.

4- Độ cứng

Độ cứng dùng để chỉ trình độ chống lại những lực tác dụng cơ học bên ngoài của khoáng vật. Có nhiều phương pháp đo độ cứng khoáng vật. Ví dụ, phương pháp rạch, phương pháp nghiền, phương pháp ép. Trong khoáng vật thông thường dùng phương pháp rạch để xác định độ cứng tương đối. Về mặt giám định và mặt sử dụng, độ cứng có một ý nghĩa rất lớn. Độ cứng của khoáng vật có quan hệ rất mật thiết với kiến trúc tinh thể và thành phần hóa học của nó. Căn cứ vào nghiên cứu hóa học tinh thể, độ cứng phụ thuộc vào những yếu tố sau đây:

Bán kính ion

Khi kiểu kiến trúc giống nhau, hóa trị các nguyên tử của các nguyên tố tham gia giống nhau thì độ cứng sẽ tùy theo khoảng cách giữa các chất điểm tăng lên mà mềm đi. Do đó bán kính ion hay nguyên tử trong kiến trúc tăng lên sẽ làm cho độ cứng giảm xuống. Lấy *ví dụ* các oxit của kim loại kiềm đất có kiến trúc kiểu NaCl thì thấy rõ (bảng 6.3).

Bảng 6.3 *Sự phụ thuộc giữa bán kính cation với độ cứng*

	Mg – O	Ca – O	Sr – O	Ba – O
Khoảng cách Me – O (Å)	2,10	2,40	2,57	2,77
Độ cứng tính theo Mohs	6,5	4,5	3,5	3,3

Hóa trị của ion

Khi kiểu kiến trúc giống nhau, khoảng cách các ion gần bằng nhau thì độ cứng của khoáng vật sẽ tăng lên nếu hóa trị các ion tăng lên. Hãy lấy bốn loại hợp chất cùng kiến trúc của NaCl để so sánh. Mặc dù khoảng cách các chất điểm gần bằng nhau, nhưng độ cứng tăng dần theo trình tự tăng lên của hóa trị các ion tham gia (bảng 6.4).

Bảng 6.4 *Quan hệ giữa hóa trị các ion với độ cứng*

	NaF	MgO	ScN	TiC
Khoảng cách ion (Å)	2,31	2,10	2,23	2,33
Hóa trị ion dương	1	2	3	4
Độ cứng	3,2	6,5	7,8	8,9

Số phối trí các ion dương

Trong cùng một nhóm khoáng vật, các ion dương có cùng hóa trị. Nếu ion nào có số phối trí lớn sẽ làm cho độ cứng khoáng vật tăng lên (bảng 6.5).

***Bảng 6.5** Quan hệ giữa số phối trí cation với độ cứng*

Khoáng vật	Công thức hóa học	Số phối trí	Độ cứng	Bán kính ion
Olivin	Mg_2SiO_4	6	6,5 – 7	
Montiselit	$CaMgSiO_4$	6	5	Mg^{2+} = 0,78 Å
Enstatit	$Mg_2Si_2O_6$	6	5 – 6	Ca^{2+} = 1,06 Å
Điopsit	$CaMgSi_2O_6$	6	5 – 6	

Ngoài ra, trong cùng một kiến trúc tinh thể, ở trên những mặt khác nhau hay theo nhiều phương khác nhau trên cùng một mặt tinh thể, độ cứng cũng khác nhau. *Ví dụ* trên tinh thể đisten song song với phương [001] độ cứng 4,5 trong lúc đó song song với phương [010] độ cứng 6,5 - 7.

Trong khoáng vật học thường dùng 10 khoáng vật phổ biến để làm thang độ cứng là "thang độ cứng Mohs". Dùng thang độ cứng để so sánh độ cứng tương đối giữa các khoáng vật với nhau, tuy độ chính xác thấp nhưng thường dùng trong thực tế địa chất. Trong phòng thí nghiệm và trong công nghiệp ứng dụng người ta dùng máy đo vi độ cứng ПМТ - 3 để xác định độ cứng tuyệt đối (KG/mm^2) của khoáng vật. Giữa độ cứng tương đối theo Mohs và độ cứng tuyệt đối có mối quan hệ nhất định có thể biểu diễn theo một hàm số. Dưới đây nêu lên độ cứng Mohs và độ cứng tuyệt đối của 10 khoáng vật tương ứng với 10 bậc của thang độ cứng như sau (bảng 6.6).

***Bảng 6.6** Quan hệ giữa độ cứng tương đối trong thang độ cứng Mohs và độ cứng tuyệt đối*

Khoáng vật	Độ cứng Mohs	Độ cứng tuyệt đối (KG/mm^2)
Tan	1	24
Thạch cao	2	36
Canxit	3	109
Fluorin	4	189
Apatit	5	536
Octocla	6	795
Thạch anh	7	1120
Topa	8	1427
Corinđon	9	2060
Kim cương	10	10060

Ngoài các tính chất cơ học của khoáng vật đã nói trên còn nhiều tính chất khác như tính dòn, tính dẻo, tính kéo dài, tính đàn hồi, tính uốn được cũng đáng được chú ý. Những tính chất này tuy không phổ biến lắm song đối với một số khoáng vật lại có thể lợi dụng làm dấu hiệu giám định và trong công nghiệp thì sử dụng chúng trong việc xử lý, gia công thí nghiệm kỹ thuật.

6.3 TỶ TRỌNG CỦA KHOÁNG VẬT

Tỷ trọng của khoáng vật là một trong những hằng số vật lý trong khi giám định có một ý nghĩa rất lớn. Mặt khác, trong tìm kiếm và tuyển khoáng, trong việc nghiên cứu đồng hình đều lợi dụng tính chất này. Tỷ trọng của khoáng vật khác nhau rất nhiều, từ những chất khí thiên nhiên tỷ trọng rất thấp tới các khoáng vật nhóm Os–Ir có tỷ trọng đến 23. Nhưng tuyệt đại bộ phận khoáng vật có tỷ trọng từ 2,5 - 4. Thông thường trong khoáng vật người ta chia tỷ trọng ra làm ba loại:

1- Loại nhẹ: 2,5 như: lưu hoàng, grafit.

2- Loại vừa: 2,5 - 4 như: canxit, corinđon.

3- Loại nặng: 4 như: galen, molipđenit.

Có nhiều nhân tố ảnh hưởng tới tỷ trọng, đó là trọng lượng nguyên tử của các nguyên tố tạo thành khoáng vật, hóa trị của ion và nguyên tử chứa trong khoáng vật và số phối trí của ion dương.

1- Trọng lượng nguyên tử của các nguyên tố tạo thành khoáng vật

Trong những khoáng vật có kiến trúc giống nhau, nếu trọng lượng nguyên tử của nguyên tố tạo thành tăng lên thì tỷ trọng cũng tăng lên. Đặc biệt khi trọng lượng các nguyên tử khác nhau khá xa thì càng rõ rệt (bảng 6.7).

Bảng 6.7 *Quan hệ giữa trọng lượng nguyên tử và tỷ trọng của khoáng vật*

Khoáng vật	Thành phần hóa học	Tỷ trọng	Nguyên tử lượng
Selestin	$SrSO_4$	3,9 – 4,0	Sr = 87,63
Barit	$BaSO_4$	4,3 – 4,5	Ba = 137,56
Anglezit	$PbSO_4$	6,1 – 6,4	Pb = 207,21

Nhưng cần phải chú ý khi nguyên tử lượng tăng lên thì bán kính ion hay nguyên tử cũng tăng theo. Nếu sự tăng các nguyên tử lượng không đủ để vượt qua sự tăng của bán kính ion hay nguyên tử thì mặc dù trọng lượng nguyên tử có tăng nhưng tỷ trọng không nhất định tăng. Xem bảng 6.8 dưới đây chúng ta có thể thấy rõ.

Bảng 6.8 *Quan hệ giữa bán kính ion và tỷ trọng của khoáng vật*

Khoáng vật	Tỷ trọng
Anbit Na $[AlSi_3O_8]$	2,61
Octocla $K[AlSi_2O_3]$	2,55
Halit NaCl	2,17
Sinvin KCl	1,98

Nguyên tử lượng của K(39) lớn hơn nguyên tử lượng của Na(23) nhưng tỷ trọng các hợp chất K vẫn bé hơn tỷ trọng các hợp chất Na vì bán kính của K(1,33 Å) lớn hơn nhiều so với bán kính của Na(0,98 Å).

2- Hoá trị của ion và nguyên tử chứa trong khoáng vật

Trong kiến trúc mạng thì lỗ hổng giữa các ion âm nhiều hơn lỗ hổng giữa các ion dương. Trong các lỗ hổng đó thì chỉ có một bộ phận ion dương điền vào thôi. Khi hóa trị của ion dương được tăng lên và hóa trị của ion âm giảm tức là số lượng các ion dương điền vào hổng tăng lên, nâng tỷ lệ số lỗ hổng được lấp đầy tăng lên, do đó tỷ trọng tăng cao. Bảng dưới đây chứng minh rõ điều đó (bảng 6.9).

Bảng 6.9 *Quan hệ giữa tỷ lệ ion dương–ion âm và tỷ trọng khoáng vật*

Khoáng vật	Thành phần hóa học	Tỷ trọng	Tỷ lệ giữa ion dương và ion âm
Pericla	MgO	3,65	Mg: O = 1: 1
Selait	MgF_2	3,16	Mg: F_2 = 1: 2

3- Số phối trí của ion dương

Trong ô mạng, số phối trí của ion dương có ảnh hưởng rất lớn đến tỷ trọng của khoáng vật. Sự tăng số phối trí của ion dương có tác dụng làm giảm không gian rỗng trong mạng, làm tăng mật độ vật chất trong một đơn vị thể tích, do đó tỷ trọng tăng theo. Đặc biệt, số phối trí trong khoảng 4–6 biểu hiện rất rõ ràng điều đó. Bảng dưới đây nêu lên quan hệ giữa tỷ trọng khoáng vật và số phối trí của các ion dương trong đó (bảng 6.10).

Bảng 6.10 *Ảnh hưởng của số phối trí ion dương tới tỷ trọng của khoáng vật*

Phối trí ion dương bằng 4			Phối trí ion dương bằng 6		
Khoáng vật	Công thức hóa học	Tỷ trọng	Khoáng vật	Công thức hóa học	Tỷ trọng
Sfalerit	ZnS	4,08	Pirotin	FeS	4,70
Vilemit	Zn_2SiO_4	4,1	Fayalit	Fe_2SiO_4	4,30

Tỷ trọng của cùng một khoáng vật cũng thay đổi trong những khoảng nhất định. Ví dụ, sfalerit tùy theo lượng tạp chất lẫn vào mà thay đổi từ 3,50 - 4,20; vonframit có thể thay đổi từ 7,1 - 7,5. Trong thực tế, sự thay đổi đó không phải bao giờ cũng liên quan với sự thay đổi thành phần hóa học. Đôi khi, do tính không đồng nhất trong khoáng vật nghiên cứu hoặc khoáng vật chọn không thuần khiết, có những khoáng vật khác lẫn vào dưới dạng liên tinh hay bao thể, cũng có khi do

khoáng vật có nhiều lỗ hổng hay khe nứt làm cho tỷ trọng của cùng một khoáng vật không thể là một con số cố định. Do đó, khi chọn mẫu đơn khoáng để đo tỷ trọng cần phải hết sức chú ý.

Ngoài ra, nhiệt độ và áp suất ở địa điểm và thời gian xác định tỷ trọng cũng có ảnh hưởng đến sự biến đổi tỷ trọng, nhưng trong những điều kiện bình thường có thể bỏ qua các yếu tố đó.

Trong khoáng vật học có rất nhiều phương pháp để đo tỷ trọng. Dưới đây chỉ giới thiệu hai phương pháp thường dùng nhất.

Phương pháp dùng bình tỷ trọng

Phương pháp này dựa vào nguyên lý: trọng lượng mất đi của một vật rắn khi thả vào trong nước bằng trọng lượng nước bị chiếm chỗ. Từ đó suy ra tỷ trọng của khoáng vật. Trình tự thao tác để xác định tỷ trọng khoáng vật như sau:

Đầu tiên dùng cân chính xác cân trọng lượng của bình P_1.

Sau đó cân trọng lượng của cả bình lẫn khoáng vật P_2.

Đổ nước cất đầy bình cân trọng lượng của bình+mẫu khoáng vật + nước được P_3.

Cuối cùng đổ khoáng vật ra cân trọng lượng của bình đổ đầy nước P^{4+}.

Tỷ trọng của khoáng vật được tính theo công thức sau:

$$D = \frac{P_2 - P_1}{(P_4 - P_1) - (P_3 - P_2)}$$

Nếu dung dịch dùng để xác định tỷ trọng không phải là nước cất (tỷ trọng = 1), thì sau khi tính toán như trên, kết quả nhận được phải nhân thêm α là tỷ trọng của dung dịch.

Phương pháp dung dịch nặng

Phương pháp này cũng thường dùng trong khoáng vật. Nó dựa vào nguyên tắc khi tỷ trọng của khoáng vật và tỷ trọng của dung dịch bằng nhau thì khoáng vật sẽ nổi lơ lửng trong dung dịch. Từ tỷ trọng của dung dịch mà xác định tỷ trọng của khoáng vật. Phương pháp này cần có một bộ các chất dung dịch nặng với đầy đủ các cấp tỷ trọng. Kết quả đo được khá chính xác nhưng bị hạn chế vì không thể đo được các khoáng vật nặng hơn 4,2. Các dung dịch nặng không những để dùng đo tỷ trọng khoáng vật mà còn có thể dùng để tuyển lọc các loại khoáng vật có tỷ trọng khác nhau.

Dưới đây là bộ dung dịch nặng dùng để xác định tỷ trọng của khoáng vật (bảng 6.11).

Bảng 6.11 *Bộ dung dịch nặng dùng để xác định tỷ trọng khoáng vật*

Tên dung dịch	Thành phần	Tỷ trọng
Bromofoc	$ChBr_3$	2,80
Dung dịch Tulê	$KI + HgI_2$	3,196
Dung dịch Xusina - Rôbakha	$BaI_2 + HgI_2$	3,588
Iodua metilen	CH_2I_2	3,33
Dung dịch Clêric	$CH_2(COOH)_2$ Ti + HCOOTI	4,27

Người ta còn dùng các tài liệu phân tích rơngen để tính tỷ trọng của khoáng vật. Tài liệu cơ bản là thể tích ô mạng cơ sở và số lượng phân tử trong ô mạng đó. Công thức dùng để tính tỷ trọng như sau.

$$D = \frac{Z \cdot M}{N \cdot V}$$

trong đó: M - trọng lượng phân tử của khoáng vật

V - thể tích ô mạng cơ sở tính theo tài liệu Rơngen

Z - số phân tử trong một ô mạng cơ sở

N - số avogadro, bằng 2,6502 (đối với ô mạng tính theo anstron) hoặc 1,6602 (đối với ô mạng tính theo kX).

6.4 CÁC TÍNH CHẤT VẬT LÝ KHÁC CỦA KHOÁNG VẬT

Ngoài các tính chất vật lý đã nói trên, khoáng vật còn có những tính chất sau:

1- Từ tính

Từ tính của khoáng vật là tính chất của những khoáng vật bị nam châm hút hoặc bản thân nó có thể hút những vật thể bằng sắt. Vì các khoáng vật có từ tính với nhiều mức độ khác nhau nên từ tính là một dấu hiệu nhận biết khoáng vật. Do từ tính của đa số khoáng vật tương đối yếu nên trong thực tế chỉ ứng dụng đối với một số ít khoáng vật. Ngoài ra, từ tính còn được ứng dụng rất phổ biến trong tìm quặng và trong tuyển khoáng.

Từ tính của khoáng vật chủ yếu do trong thành phần của nó có chứa những nguyên tố có từ tính như sắt, coban, niken, crôm, titan... Thông thường, từ tính mạnh hay yếu là do hàm lượng các nguyên tố có từ tính nhiều hay ít quyết định. Người ta chia khoáng vật từ tính thành ba nhóm theo mức độ mạnh yếu sau đây:

1- *Từ tính mạnh*: nam châm móng ngựa thông thường có thể hút được. Ví dụ: manhetit, titanmanhetit, pirotin.

2- *Từ tính trung bình*: nam châm móng ngựa thông thường không thể hút được, nhưng dùng nam châm điện yếu thì có thể hút được. Ví dụ: biotit, vonframit, hematit, inmenit, cromit...

3- *Từ tính yếu*: dùng nam châm điện mạnh mới có thể hút được. Ví dụ: các loại amfibon và piroxen nhạt màu, sfen, tuamalin (nhạt màu).

2- Tính điện

Tính điện của khoáng vật là những tính chất có liên quan tới điện học. Có thể nêu hai tính chất sau đây:

Tính dẫn điện

Tức là khả năng có thể truyền được dòng điện của khoáng vật. Nói chung các khoáng vật kim loại là những chất dẫn điện tốt. Các khoáng vật phi kim loại là những chất dẫn điện kém. Có một số khoáng vật khác là chất bán dẫn. Tính dẫn điện có liên quan với tính chất của mối liên kết trong kiến trúc tinh thể. Khi nghiên cứu tính dẫn điện của khoáng vật người ta rất chú trọng tới hệ số điện trở của nó (tức điện trở suất) (bảng 6.12). Những khoáng vật có hệ số điện trở càng nhỏ thì dẫn điện càng tốt. Tính dẫn điện được ứng dụng rộng rãi trong thực tế. Những chất dẫn điện tốt dùng làm các điện cực như các kim loại và grafit, những chất dẫn điện tồi thì làm chất cách điện như mica, amiăng. Các chất bán dẫn được dùng rất nhiều trong kỹ nghệ vô tuyến điện. Ngoài ra người ta còn dùng tính dẫn điện của khoáng vật trong công tác thăm dò địa chất.

Bảng 6.12 *Một số khoáng vật có tính dẫn điện*

Tên khoáng vật	Công thức hóa học	Hệ số điện trở (Ωcm)
Pirit	FeS_2	0,0023 – 1,5
Pirotin	$Fe_{1-x}S$	0,0050 – 0,01
Acgentit	Ag_2S	0,0067
Galen	PbS	0,037
Acsenpirit	FeAsS	0,13
Hematit	Fe_2O_3	0,35 – 1200
Bocnit	Cu_5FeS_4	0,50
Macazit	FeS_2	1,4 – 300
Môlipđenit	MoS_2	1,8 – 16000
Inmenit	$FeTiO_3$	220
Vuazit	ZnS	350
Chancozin	Cu_2S	2300
Antimonit	Sb_2S_3	$10^7 - 10^{14}$
Stalerit	ZnS	10^8

Tính tích điện

Là tính chất của khoáng vật khi chịu tác dụng của các năng lượng bên ngoài như ma sát (cơ năng), đốt nóng (nhiệt năng), kéo ép vv... thì mang điện. Tính tích điện sản sinh sau khi thu cơ năng và nhiệt năng, khoáng vật có thể chuyển biến chúng thành điện năng. Ví dụ, lưu hoàng, kim cương khi cọ vào len dạ, hay tơ thì

xuất hiện điện tích gọi là điện ma sát. Tuamalin, calamin sau khi đốt nóng thì một đầu tích điện dương một đầu tích điện âm gọi là tính hỏa điện

Ngoài ra có một số khoáng vật dưới tác dụng của sức ép và kéo thì bị biến hình gây ra tính tích điện. Khi ép thì có bộ phận tích điện dương, khi kéo thì lại xuất hiện tích điện âm. Do đó khi tác dụng ép kéo nối đuôi nhau xẩy ra một cách liên tục thì sẽ sinh ra một điện trường xoay chiều. Hiệu ứng đó gọi là hiệu ứng áp điện. Trong vô tuyến điện người ta đã dùng tính áp điện của thạch anh một cách rất phổ biến.

Tất cả khoáng vật có tính áp điện thì về tính chất hình học tinh thể của nó không có tâm đối xứng, do đó những thí nghiệm về tính áp điện cũng thường dùng để kiểm tra tinh thể có tâm đối xứng hay không.

3- Tính phóng xạ

Tính phóng xạ là tính chất đặc trưng của các khoáng vật có chứa các nguyên tố phóng xạ. U, Th có tính phóng xạ rất mạnh, còn K và Rb thì tính phóng xạ rất yếu. Quá trình phân hủy phóng xạ của các nguyên tố trong giáo trình vật lý và hóa học đã nói kỹ, ở đây không nhắc lại nữa.

Từ khi con người nắm được kỹ thuật phá hủy nhân tạo hạt nhân nguyên tử, việc lợi dụng năng lượng vô cùng to lớn do sự phá hủy hạt nhân đã đạt tới trình độ phát triển cao. Các khoáng vật chứa U và Th được chọn làm nguyên liệu của ngành vật lý hạt nhân ngày càng có ý nghĩa thực tế quan trọng. Hiện nay công tác nghiên cứu các khoáng vật phóng xạ đã và đang thu được những thành tựu to lớn. Trong tự nhiên người ta đã biết được hơn 250 loại khoáng vật phóng xạ chứa U và Th.

Tính phóng xạ của khoáng vật được sử dụng không những để tìm kiếm các mỏ phóng xạ mà còn sử dụng tính tuổi tuyệt đối của khoáng vật và địa tầng, có tầm quan trọng trong địa chất học.

Muốn xác định tính phóng xạ, người ta dùng máy đếm Ghêghe (Geiger) hoặc tiến hành xác định bằng tác dụng cảm quang trên giấy ảnh.

4- Tính phát quang

Các khoáng vật dưới ảnh hưởng của các tác dụng kích thích bên ngoài phát sáng gọi là tính phát quang. Những tác dụng kích thích bên ngoài có nhiều nguồn khác nhau. Ví dụ, đốt nóng, tăng áp, hòa tan, chiếu tia tử ngoại, tia âm cực hoặc các tia khác có bước sóng ngắn vào khoáng vật, v.v...

Đối với khoáng vật học, hiện tượng phát quang do chiếu tia tử ngoại, tia X và tia âm cực là có ý nghĩa quan trọng nhất. Bản chất hiện tượng phát quang cho đến nay có nhiều ý kiến chưa thống nhất, việc giải thích cũng còn nhiều chỗ chưa hoàn chỉnh. Những sự phá hủy tạm thời cân bằng tĩnh điện trong mạng kiến trúc; các tia sáng bước sóng ngắn không nhìn thấy biến thành tia sáng bước sóng dài có thể thấy được là những điều khẳng định không chối cãi được. Tùy theo bản chất của hiện tượng phát quang, người ta chia ra hai loại phát quang đặc biệt là phát huỳnh

quang và phát lân quang. Có nhiều khoáng vật khi nhận tác dụng kích thích bên ngoài, quỹ đạo các điện tử biến đổi, nhưng lập tức trở lại trạng thái ban đầu. Như vậy khi dừng các tia kích thích bên ngoài, hiện tượng phát quang cũng biến mất. Đó là phát huỳnh quang. Một số khoáng vật khác sau khi dừng các tia kích thích, khoáng vật vẫn phát sáng. Đó là phát lân quang. Màu sắc và cường độ màu phát quang của khoáng vật tùy thuộc vào bản chất hóa học và hàm lượng của các tạp chất lẫn vào. Ví dụ, sielit phát huỳnh quang dưới tia tử ngoại, nếu có khoảng 0,5% Mo cho màu xanh nhạt; 0,96 - 4,8% Mo - màu vàng; trên 4,8 % Mo - màu trắng. Thực tế, cùng một loại khoáng vật sinh ra trong những khoáng sàng khác nhau thường có những màu huỳnh quang khác nhau. Căn cứ vào thí nghiệm của nhiều tác giả phát quang bằng tia tử ngoại, tia âm cực và tia Rơngen có thể nêu một số *ví dụ* các khoáng vật phát quang trên đây (bảng 6.13). Trong khoáng vật người ta chú trọng đến tính chất phát huỳnh quang hơn cả. Đặc biệt đối với các khoáng vật như ziacon, sielit, kim cương, tính chất này có ý nghĩa giám định rất quan trọng. Ngoài ra về phương diện tìm kiếm thăm dò khoáng sản, phát quang có một tác dụng nhất định.

Bảng 6.13 *Tính phát quang của một số khoáng vật*

Khoáng vật	Tính phát quang					
	Tia âm cực		Tia Rơngen		Tia tử ngoại	
	Màu sắc	Độ sáng	Màu sắc	Độ sáng	Màu sắc	Độ sáng
Kim cương	màu lục	rõ	xanh da trời	trung bình	xanh da trời	rõ
	xanh da trời	rất rõ	–	đến yếu	màu tím	trung bình
	màu xanh	rõ	–		lục vàng	trung bình
Apatit	màu vàng	rõ đến trung bình	màu vàng	rõ đến mờ	màu hồng	rõ
	lục nhạt	rất rõ	xanh da trời	trung bình	màu tím	trung bình
Barit	màu tím	trung bình - mờ	màu tím	mờ - rất mờ	màu tím	rõ
	–	–	–	–	màu vàng	trung bình
Sfalerit	màu hồng	trung bình	–	–	màu hồng	trung bình
Sielit	xanh da trời	rất rõ	xanh da trời	rất rõ	xanh da trời	rõ
Fluorin	màu tím	Rõ - trung bình	lục	trung bình	màu tím	rõ - mờ
	màu lục	rõ	–	mờ	tím sẫm	rất mờ
	màu lục sẫm	rõ	–	–	–	–
Ziacon				–		
	vàng vỏ quít	rõ	lục	mờ	vàng gạch	rõ

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 6

6.1. Hãy kể ra một số nguyên tố mang màu quan trọng trong khoáng vật và nói rõ các màu do chúng sinh ra. Nêu *ví dụ* về các khoáng vật có chứa các nguyên tố đó.

6.2. Tại sao có những khoáng vật có màu sắc có thể thay đổi được và lại có những khoáng vật màu sắc tương đối cố định? (Xem tất cả các nguyên nhân bên trong, bên ngoài ảnh hưởng tới màu sắc của khoáng vật).

6.3. Tại sao trên bề mặt của khoáng vật kim loại và trên mặt cát khai của khoáng vật nhạt màu thường hay gặp màu gỉ sắc?

6.4. Có thể dùng vết vạch để nghiên cứu ánh và những hỗn hợp thay thế đồng hình trong khoáng vật được không? tại sao?

6.5. Các yếu tố ảnh hưởng tới ánh khoáng vật là gì? Tại sao nói màu sắc không ảnh hưởng tới ánh của khoáng vật?

6.6. Tại sao nói cát khai là tính chất cố định của khoáng vật. Nguyên nhân gây ra cát khai là gì? Cát khai và tách khai khác nhau như thế nào?

6.7. Khi quan sát cát khai cần chú ý những mặt nào? Cát khai chia ra làm mấy mức độ? Đặc điểm của mỗi mức độ? Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu cát khai?

6.8. Độ cứng của khoáng vật là gì? Những yếu tố nào ảnh hưởng tới độ cứng? Kể tên các khoáng vật trong thang độ cứng của Mohs.

6.9. Những yếu tố ảnh hưởng tới độ cứng là gì? Yếu tố nào là chủ yếu? Hãy xếp các yếu tố đó thành nhóm có ảnh hưởng thống nhất và nhóm có ảnh hưởng đối lập.

6.10. Một mẫu quặng có chứa vàng cân nặng 309,3 gam, thể tích 82,9 CC, khoáng vật mạch duy nhất là thạch anh (tỷ trọng 2,65). Trong vàng có chứa 12,1% bạc. Tỷ trọng của hỗn hợp vàng bạc là 17,5. Hỏi trong mẫu quặng này có chứa bao nhiêu vàng nguyên chất..

6.11. Hãy tính tỷ trọng của một loại quặng có 17% thạch anh, 38% manhetit và 45% inmenit.

6.12. Một tập hợp khoáng vật của thạch anh và barit tỷ trọng 3,6. Hãy tính phần trăm trọng lượng của barit trong tập hợp đó.

6.13. Các phương pháp đo tỷ trọng của khoáng vật dựa vào nguyên tắc nào? Nêu rõ ý nghĩa vật lý của các số hạng trong công thức tính tỷ trọng khoáng vật. Hãy tìm một công thức tính tỷ trọng khoáng vật đơn giản hơn.

6.14. Giữa độ cứng, tỷ trọng và thành phần, kiến trúc của khoáng vật quan hệ với nhau như thế nào?

Chương 7

NGUỒN GỐC CỦA KHOÁNG VẬT

7.1 KHÁI NIỆM CHUNG

1- Sự hình thành của khoáng vật

Các khoáng vật được hình thành trong tự nhiên có thể xuất hiện ở trạng thái khí, trạng thái lỏng, những loại khoáng vật này vô cùng ít. Đại đa số khoáng vật xuất hiện dưới trạng thái rắn. Phương thức hình thành chủ yếu của khoáng vật rắn là tác dụng kết tinh, tác dụng ngưng kết của chất keo và tác dụng tái kết tinh từ chất rắn.

Sự sản sinh ra những mầm kết tinh trong chất nóng chảy quá dung và trong dung dịch quá bão hòa có thể là do những mảnh vụn hay hạt bụi lẫn vào gây nên: nó cũng có thể tự phát hoặc là do sự kết hợp các ion trong chất nóng chảy hay trong dung dịch tạo nên. Sau khi hình thành những mầm kết tinh, các vật chất tiếp tục được bù đắp dần dần lớn lên và trở thành tinh thể.

Trong quá trình trưởng thành của tinh thể nó hoàn toàn có khả năng bắt lại những tạp chất không liên quan với thành phần của tinh thể tạo nên những *bao thể*. Khoáng vật có chứa bao thể gọi là khoáng vật chủ. Trong điều kiện nghiên cứu trong phòng thí nghiệm, bao thể có thể là thể khí, nước và chất rắn. Có những trường hợp các bao thể xuất hiện trong khoáng vật với một tướng, hai tướng hoặc nhiều tướng. Bao thể là vật phản ánh hoàn cảnh thành tạo khoáng vật. Đối với việc giải quyết vấn đề nguồn gốc khoáng vật, bao thể có một ý nghĩa rất to lớn.

Hình dạng của bao thể rất khác nhau, chúng thường chiếm những lỗ hổng trong tinh thể. Theo trạng thái tồn tại của mình, bao thể có khả năng biến đổi từ thể khí sang thể lỏng và kết tinh ở thể rắn. Trong đa số trường hợp, bao thể rắn là những mảnh vỡ của các khoáng vật khác bị giữ lại trong quá trình phát triển của tinh thể. Trong khoáng vật học chúng có ý nghĩa để phát hiện vị trí tinh thể trưởng thành so với phương của trọng trường.

Bao thể khí và lỏng là những chất tàn dư của môi trường bị bắt trong khi tạo khoáng. Các bao thể chỉ gồm một tướng lỏng chứng tỏ dung dịch tạo khoáng trước đây là chất lỏng. Những bao thể này có tác dụng giúp chúng ta xác định nhiệt độ thành tạo khoáng vật.

Các nhà bao thể học, tiêu biểu là N.P. Ermakov, đã chia các bao thể làm ba loại tùy theo trạng thái tồn tại của chúng (H.7.1).

THỂ RẮN	1	2	3
THỂ KHÍ	4	5	6
THỂ LỎNG	7	8	9

1, 2, 3: Bao thể gồm một tướng rắn; 4, 5, 6: Bao thể gồm một tướng khí; 7, 8: Bao thể gồm một tướng lỏng; 9: bao thể gồm hai tướng lỏng và rắn

Hình 7.1 *Những ví dụ về phân loại bao thể*

Để nghiên cứu nhiệt độ thành tạo khoáng vật bằng phương pháp đồng hóa (homogeneous method), người ta dùng bộ thiết bị phân tích bao thể.

Cơ sở của phương pháp là nung nóng dần các bao thể khí - lỏng mà trong đó tướng khí chiếm trên 50% thể tích bao thể cho đến lúc bao thể lấp đầy bởi tướng khí. Tại nhiệt độ bao thể 2 tướng khí - lỏng đã đồng hóa thành tướng khí người ta gọi là nhiệt độ đồng hóa.

Giá trị nhiệt độ ở lúc đồng hóa được xem là nhiệt độ kết tinh của khoáng vật.

Bao thể có loại là nguyên sinh, có loại là thứ sinh, nhưng trong việc nghiên cứu nguồn gốc khoáng vật thì chủ yếu là dựa vào bao thể nguyên sinh, dựa vào các bao thể là chất tàn dư của môi trường tạo khoáng. Những bao thể này ngoài loại chỉ có một tướng rắn ra, sau khi bị bao, nhiệt độ giảm thấp thì có thể tách thành loại hai tướng hay nhiều tướng. Sau khi đun nóng lên thì các bao thể hai tướng hay nhiều tướng sẽ đồng hóa thành một tướng. Nhiệt độ đồng hóa về cơ bản tương đương với nhiệt độ kết tinh của khoáng vật.

2- Sự biến đổi của khoáng vật

Những khoáng vật sau khi hình thành, dưới tác dụng của các quá trình địa chất, về sau do các điều kiện hóa lý thay đổi nên ít nhiều bị biến đổi. Sự biến đổi đó biểu hiện ở một số mặt sau đây:

Hiện tượng ăn mòn

Khoáng vật đã hình thành, dưới tác dụng của dung dịch hòa tan, bị gặm mòn từng phần gọi là hiện tượng ăn mòn. Kết quả của sự ăn mòn để lại những vết tích trên mặt tinh thể, và có hình dạng nhất định. Sử dụng những hình dạng đó có thể nghiên cứu tính đối xứng của tinh thể và quá trình phát triển của nó. Khoáng vật sau khi bị ăn mòn thì mặt của nó bị sần sùi, ánh sẽ giảm xuống, nếu ăn mòn mạnh hơn thì cạnh và đỉnh sẽ biến thành tù. Mặt kim cương sau khi bị ăn mòn thường thành những mặt cong lồi.

Hiện tượng trao đổi

Các khoáng vật đã hình thành, dưới ảnh hưởng của các dung dịch phát sinh các phản ứng hóa học gây nên sự trao đổi thành phần với nhau, làm cho khoáng vật ban đầu biến thành một khoáng vật khác. Đó là hiện tượng trao đổi. Ví dụ, canxit sau khi bị tác dụng của dung dịch nước chứa axit sunfuric sẽ phát sinh thạch cao $CaSO_4.2H_2O$. Phản ứng trao đổi xảy ra: $CaCO_3 + H_2O + H_2SO_4 = CaSO_4.2H_2O + CO_2$

Thạch cao sau khi hình thành vẫn giữ nguyên hình dạng của canxit; như vậy thạch cao mang giả *hình* của canxit. Hiện tượng này nhiều khi gặp cả trong tập hợp khoáng vật dưới kính hiển vi, vì hiện tượng trao đổi còn xẩy ra trong chất nóng chảy giữa dung dịch tạo khoáng muộn với các khoáng vật hình thành sớm hơn.

Hiện tượng phá hủy kiến trúc tinh thể

Kiến trúc của khoáng vật khi thay đổi các điều kiện hóa lý hoặc chịu một tác dụng nhất định nào đó thường bị phá hủy. Ví dụ, bruxit có chứa Fe^{2+} với hàm lượng cao (Mg, Fe^{2+})$(OH)_2$ lấy từ các giếng khai thác sâu thì trong suốt không màu. Để trong không khí vài ngày trở thành màu vàng hoặc nâu vàng. Khi phân tích thì thấy Fe^{2+} biến thành Fe^{3+} và kiến trúc bị phá hủy thành chất vô định hình.

Ngoài ra có một số khoáng vật chứa các nguyên tố phóng xạ và các nguyên tố đất hiếm, có thể là do tác dụng của tia α làm cho chúng từ những khoáng vật kết tinh biến thành khoáng vật vô định hình nhưng vẫn giữ nguyên hình dạng tinh thể ban đầu. Đó là hiện tượng *biến tinh*. Hiện tượng biến tinh tuy không làm thay đổi hình dạng tinh thể, nhưng những khoáng vật biến tinh có chứa nước thì trạng thái phá hủy của nó làm tăng thể tích gây nên sự cong lồi hoặc nứt nẻ ở ngoài mặt khoáng vật biến tinh.

Khi nung nóng khoáng vật biến tinh có thể khôi phục lại trạng thái kết tinh ban đầu. Nhiệt độ chuyển biến các khoáng vật biến tinh thành chất kết tinh đối với mỗi khoáng vật là một đại lượng gần như cố định. Bảng dưới đây cho biết nhiệt độ chuyển biến của một vài khoáng vật biến tinh thành trạng thái kết tinh (bảng 7.1).

Khi một khoáng vật có cả trạng thái kết tinh lẫn biến tinh thì loại biến tinh cũng được mang cùng tên như loại kết tinh, ví dụ, ziacon biến tinh hoặc mang tên riêng như ziatolit hay malakon là hai khoáng vật biến tinh của ziacon.

Bảng 7.1 *Nhiệt độ chuyển biến các khoáng vật biến tinh*

Tên khoáng vật	Thành phần	Nhiệt độ (°C)
Ziatolit	$Zr(SiO_4)$	830 – 860
Fecgusonit	(Y, Er, Ce, U) (Nb, Ta, Ti) O_4	510 – 570
Samackit	$(Y, Er, U, Fe)_4[(Nb, Ta, Ti)_2 O_7]_3$	650 – 700
Oxenit	(Y, Ce, U, Ca, Fe) $(Nb, Ta, Ti, Si)_2 O_6$	705 – 745
Vinkit	(Y, U, Ca, Fe) $(Nb, Ta, Ti, Si)_2 O_6$	695 – 703
Osinit	(Ce, Th, Ca, Fe) $(Ti, Nb)_2 O_6$	735 – 850
Piroclo	$(Na, Ca, Th)^2 (Nb, Ti)_2 O_{6-7}$ (OH, F)	770
Gadolinit	$Y_2Fe, Be_2 [SiO_4]_2 O_2$	

Hiện nay nhiều nhà nghiên cứu cho rằng biến tinh có liên quan với mạng tinh thể dưới ảnh hưởng phân hủy phóng xạ của các nguyên tố chứa trong khoáng vật. Điều đó rất phù hợp với các khoáng vật có chứa U_3O_8. Nhưng cũng có trường hợp không thể nói rằng biến tinh gây ra chỉ do phân hủy phóng xạ vì các khoáng vật giàu nguyên tố phóng xạ nhất như uraninit (UO_2) và (ThO_2) nói chung không thấy có hiện tượng biến tinh.

Từ những ví dụ nêu ở trên có thể nói rằng nguyên nhân chung nhất của biến tinh là sự phá hủy mối liên kết trong mạng tinh thể; trong một số trường hợp là do phân hủy phóng xạ và trong những trường hợp khác là do sự chuyển biến các ion hóa trị thấp thành những ion có mức độ oxy hóa cao hơn.

3- Các thế hệ khoáng vật, thứ tự sinh thành và tổ hợp cộng sinh khoáng vật

Trong cùng một khoáng sàng bao giờ cũng có một vài giai đoạn tạo khoáng. Cùng một loại khoáng vật, hình thành trong những giai đoạn tạo khoáng khác nhau cũng tạo nên các thế hệ khoáng vật khác nhau. Thế hệ sinh thành trong giai đoạn đầu tiên là thế hệ I, trong những giai đoạn sau lần lượt là thế hệ II, III, IV,...

Các thế hệ khoáng vật của cùng một loại khoáng vật vì tính chất của dung dịch tạo khoáng và các điều kiện hóa lý khi hình thành không giống nhau nên biểu hiện trong thành phần các nguyên tố phân tán, trong hiện tượng đồng hình, màu sắc, nhiệt độ đồng hóa các bao thể, tập tính các đơn tinh thể đều có những nét khác nhau, mặc dù sự khác nhau đó rất nhỏ.

Các thế hệ của fluorin trong khoáng sàng nhiệt dịch với những tính chất đặc trưng cho từng thế hệ được nêu trong bảng 7.2.

Việc xác định các thế hệ khoáng vật ngoài những tiêu chuẩn dựa vào thành phần hóa học, tính chất vật lý, hình dạng tinh thể cần xét tới quan hệ thế nằm và những quan hệ cộng sinh khác. Sau đó mới tiến hành phân chia thế hệ.

Danh từ cộng sinh dùng để chỉ *tổ hợp của một loạt khoáng vật khác nhau có cùng một nguồn gốc, xuất hiện đồng thời* (trong cùng một giai đoạn tạo khoáng) *và cùng một nơi*. Nó không phải chỉ đơn thuần biểu hiện về mặt không gian. Ví dụ, trên pirit có những vết, những màng mỏng do biến đổi về sau của limonit không thể gọi là cộng sinh được, vì chúng không có tính chất chung về nguồn gốc, không đồng thời sinh thành, nguồn dung địch tạo khoáng cũng khác nhau; chúng chỉ tụ tập với nhau trong không gian và gọi là *bạn sinh*.

***Bảng 7.2** Các thế hệ của fluorin*

Thế hệ	Hình dạng tinh thể	Màu sắc	Nhiệt độ đồng hóa bao thể
Thế hệ I	Tụ hình của bát diện 12 mặt thoi. Trình độ phát triển hai đơn hình như nhau	Màu tím sẫm hoặc màu tím, phát huỳnh quang khi nung nóng trong tối	330°C
Thế hệ II	Tụ hình của 12 mặt thoi và bát diện nhưng 12 mặt thoi là chủ yếu	Trung tâm màu lục nhạt hoặc màu tím nhạt, xung quanh rìa có màu tím sẫm	300°C - 330°C
Thế hệ III	Lập phương hoặc tụ hình của lập phương với 12 mặt thoi nhưng lập phương là chủ yếu	Màu lục nhạt, màu trắng, không màu trong suốt hoặc không trong suốt	300°C

Trong một khoáng sàng, thậm chí trong cùng một loại quặng có thể xuất hiện vài tổ hợp cộng sinh khoáng vật khác nhau, mỗi một tổ hợp cộng sinh khoáng vật tương ứng với một giai đoạn tạo khoáng nhất định. Các tổ hợp cộng sinh có thể chồng chất lên nhau làm cho quan hệ giữa chúng trở nên phức tạp.

Nghiên cứu tổ hợp cộng sinh khoáng vật có ý nghĩa rất to lớn trong việc tìm hiểu nguồn gốc khoáng vật. Mặt khác, trong chỉ đạo tìm kiếm cũng có một giá trị thực tế quan trọng vì nó chỉ rõ trong khoáng sàng nào có thể tìm thấy loại nguyên liệu khoáng vật gì. Ngoài ra, về mặt nhận biết khoáng vật cũng có ý nghĩa nhất định.

Để nghiên cứu thế hệ khoáng vật và tổ hợp cộng sinh chúng ta phải biết xác định *thứ tự thành tạo của chúng*. Thông thường, những dấu hiệu xác định thứ tự sinh thành gồm những tiêu chuẩn sau:

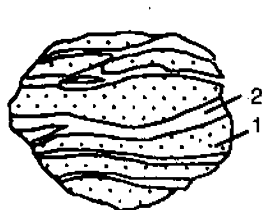
1- Quan hệ tiếp xúc của ranh giới các khoáng vật

Một loại khoáng vật xuyên qua hoặc điền vào một khoáng vật khác thì sinh thành muộn hơn (H.7.2). Một khoáng vật bị một khoáng vật khác bao vây thì sinh thành sớm hơn (H.7.3).

2- Trình độ tự hình của tinh thể

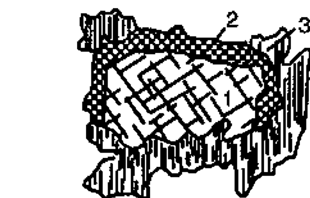
Khi hai loại tinh thể khoáng vật tiếp xúc với nhau thì tinh thể nào độ tự hình cao sẽ sinh thành sớm hơn (H.7.4).

3- Quan hệ trao đổi



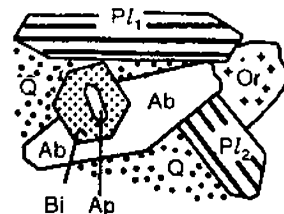
1- Galen; 2- Sfalerit

Hình 7.2
Những mạch nhỏ sfalerit xuyên qua galen



1- Piroxen; 2- Amfibon; 3- Biotit

Hình 7.3
Piroxen và amfibon bị biotit bao bọc



Pl_1, Pl_2 - plagiocla; Ap- apatit; Or- Octocla; Q- Thạch anh; Bi- Biotit; Ab- Anbit

Hình 7.4 *Trình độ tự hình của các khoáng vật*

Hiện tượng trao đổi thường tiến hành dọc theo các rìa khoáng vật hay là các khe nứt. Khoáng vật bị thay thế sinh thành sớm hơn khoáng vật thay thế. Hiện tượng trao đổi thường được quan sát dưới kính hiển vi nhưng vì phương hướng và phạm vi lát mỏng hay mẫu mài láng hạn chế vùng quan sát cho nên phải kết hợp nghiên cứu mẫu và mạch quặng rồi mới quyết định cái nào thay thế cái nào.

4- Đặc điểm tiêu hình của khoáng vật

Cùng một loại khoáng vật nhưng sinh thành trong những điều kiện khác nhau thì bao giờ hình thái, thành phần hoặc tính chất vật lý cũng có những đặc điểm riêng biệt. Những đặc điểm đó có thể làm dấu hiệu cho nguồn gốc của khoáng vật đều được gọi là *đặc điểm tiêu hình* của khoáng vật. Những khoáng vật có đặc điểm tiêu hình *gọi là khoáng vật tiêu hình*. Đặc điểm tiêu hình gồm mấy mặt sau:

1- Hình thái - hình dạng tinh thể, tập tính, kích thước, hình chạm trổ, vết khía, song tinh và đặc điểm của tập hợp.

2- Thành phần hóa học - các nguyên tố phân tán, các nguyên tố đồng hình, hàm lượng của các loại nước khác nhau.

3- Tính chất vật lý - màu, màu vết vạch, ánh, độ cứng, tỷ trọng, các bao thể và nhiệt độ đồng hóa.

Ví dụ: caxiterit nguồn gốc pecmatit, về hình thái có tập tính tháp đôi bốn phương, mặt (111) và (101) phát triển, không có lăng trụ hoặc lăng trụ phát triển kém. Trong thành phần hóa học luôn luôn có chứa Mn và Fe; hàm lượng Nb và Ta không quá 1%. Về tính chất vật lý có màu nâu nhưng phân bố thành vân, đốm, ánh kim cương.

V. G. Menkov và V. A. Tocarev cũng đã nêu lên dấu hiệu tiêu hình của sfalerit trong các khoáng sàng nhiệt dịch. Những dấu hiệu này biến đổi theo sự hạ thấp nhiệt độ (bảng 7.3).

Bảng 7.3 *Sự biến đổi các tính chất của sfalerit theo nhiệt độ hạ thấp*

Tính chất	Chiều hạ thấp nhiệt độ →			
Màu	Đen	Nâu	Vàng, đỏ	Phớt lục (trong suốt)
Đặc trưng của tập hợp	Khối đặc xít, không gặp tinh thể riêng lẻ	Hiếm thấy tinh thể riêng lẻ, thường gặp các liên tinh	Ít khi thấy khối đặc xít, thường gặp tinh thể đẹp	Luôn luôn thành những tinh thể đẹp
Màu vết vạch	Màu sẫm	Nâu	Vàng	Trắng
Hỗn hợp	Nhiều Fe, Mn, Cd, In, Ga	Ít	Ít hơn	Hầu như không có
Độ trong suốt	Không trong suốt	Ở rìa mảnh vỡ cho ánh sáng đi qua		Gần trong suốt

Những ví dụ trên đây chứng tỏ khoáng vật có rất nhiều đặc điểm tiêu hình, thông thường trong khoáng vật chỉ cần một đặc điểm tiêu hình đáng tin cậy là đã có thể làm dấu hiệu nguồn gốc được rồi.

7.2 ĐẶC ĐIỂM CƠ BẢN CỦA CÁC QUÁ TRÌNH ĐỊA CHẤT TẠO KHOÁNG

Quá trình địa chất tạo khoáng có thể chia ra làm ba loại lớn:

1- Quá trình nội sinh tiến hành do sự kết tinh của "lò macma" hình thành khoáng vật nội sinh.

2- Quá trình ngoại sinh tiến hành trong vỏ phong hóa và đới oxy hóa hình thành khoáng vật ngoại sinh.

3- Quá trình biến chất tiến hành trong đới biến chất, hình thành khoáng vật biến chất.

1- Các quá trình tạo khoáng nội sinh

Tác dụng nội sinh bao gồm toàn bộ quá trình hoạt động macma. Vật chất hình thành nên khoáng vật đều từ trong macma (kể cả thể khí và dung dịch nhiệt dịch tách ra). Chất nóng chảy macma gồm có silicat nóng chảy, một ít chất bay hơi và hợp chất của kim loại. Macma thường nằm sâu dưới vỏ Trái Đất bắt đầu kết tinh trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao. Quá trình kết tinh từ nhiệt độ và áp suất cao đến nhiệt độ và áp suất thấp, theo sự hạ thấp nhiệt độ và áp suất dần dần thành tạo các tập hợp khoáng vật, do đó nồng độ tương đối của các nguyên tố trong macma cũng biến đổi. Căn cứ vào nhiệt độ, áp suất và nồng độ tương đối các loại nguyên tố trong macma chia ra mấy giai đoạn sau đây:

Giai đoạn macma

Chất nóng chảy macma nằm sâu trong vỏ Trái Đất dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất cao, dần dần kết tinh. Do tác dụng của sự kết tinh những nguyên tố chủ yếu nhất tách ra là O, Si, Al, Ca, Mg, Na, K, v.v... gọi là các nguyên tố tạo đá. Trong giai đoạn này các chất bốc vẫn còn hòa tan trong macma mà không bay ra thành khí. Những khoáng vật hình thành do tác dụng macma tuyệt đại đa số là khoáng vật tạo đá. Như olivin, piroxen, amfibon, mica, fenpat, thạch anh, v.v... Khoáng vật phụ có apatit, sfen, ziacon, inmenit, manhetit,... Các khoáng vật này hợp thành các loại đá macma. Dựa vào phương thức thành tạo khác nhau người ta chia macma ra làm hai loại:

1- Dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất cao do tác dụng macma hình thành nên đá xâm nhập.

2- Dưới điều kiện nhiệt độ cao và áp suất thấp do tác dụng núi lửa hình thành nên đá phun trào.

Khoáng vật trong đá xâm nhập hoàn toàn là những hạt hiển tinh còn các khoáng vật trong đá phun trào trừ một số hạt hiển tinh ra đều có dạng ẩn tinh hay thủy tinh.

Đá macma dựa vào hàm lượng SiO_2 ít hay nhiều phân ra đá macma siêu bazơ, macma bazơ, macma trung tính, macma axit.

Đá macma siêu bazơ có SiO_2 < 45%, giàu MgO, FeO như đá: dunit, piroxenit trong đá xâm nhập và picrit trong đá phun trào.

Đá macma bazơ có SiO_2, giàu hơn, từ 45 - 55%, giàu Al_2O_3, CaO; nhưng MgO, FeO nghèo hơn như đá: gabro, norit thuộc loại xâm nhập; bazan, điaba thuộc loại phun trào.

Đá macma trung tính SiO_2 chiếm 55 - 65%, giàu các chất kiềm và nghèo CaO hơn như đá: điorit, điorit thạch anh thuộc loại xâm nhập; pocfirit, anđezit thuộc loại phun trào.

Đá macma axit giàu SiO_2 nhất chiếm trên 65%, chất kiềm vẫn còn giàu, nhưng CaO, MgO, FeO nghèo hơn tất cả các loại đá kể trên như đá: granit, granođiorit... thuộc loại xâm nhập; liparit, pocfirit thạch anh thuộc loại phun trào.

Nói chung trong đá macma hiện tượng phân dị trong macma xâm nhập hoàn toàn hơn. Yếu tố phân dị chủ yếu là nhiệt độ kết tinh của các tập hợp khoáng vật và tỷ trọng của chúng. Vì vậy trong macma bao giờ ta cũng thấy macma bazơ kết tinh trước và lắng đọng ở phần dưới cùng.

Trong giai đoạn macma ngoài việc hình thành nên các đá macma còn có thể hình thành nên một số khoáng sàng macma. Ví dụ, khoáng sàng của ôxit Fe, Ti, Cr; sunfua Fe, Cu, Ni; các nguyên tố nhóm bạch kim và kim cương. Những khoáng sàng này thường nằm trong các đá macma bazơ và siêu bazơ.

Giai đoạn pecmatit - khí hoá

Sau tác dụng phân dị kết tinh tiếp tục của khối macma nóng chảy, những chất tàn dư tụ tập lại, trong đó có SiO_2, Na_2O, K_2O tăng lên đồng thời tập trung các chất bốc như H_2O, HF, HCl, H_2S, SO_2, N_2, CH_4, CO_2, H_3BO_3, H_2BO_4 và các nguyên tố hiếm như Li, Be, Rb, Cs, Nb, Ta, TR, U, v.v... Chất bốc có tác dụng làm hạ nhiệt độ kết tinh của macma và làm giảm độ nhớt của chúng khiến macma rất linh động, dễ dàng di chuyển vào khe nứt hay kẽ hở của đá.

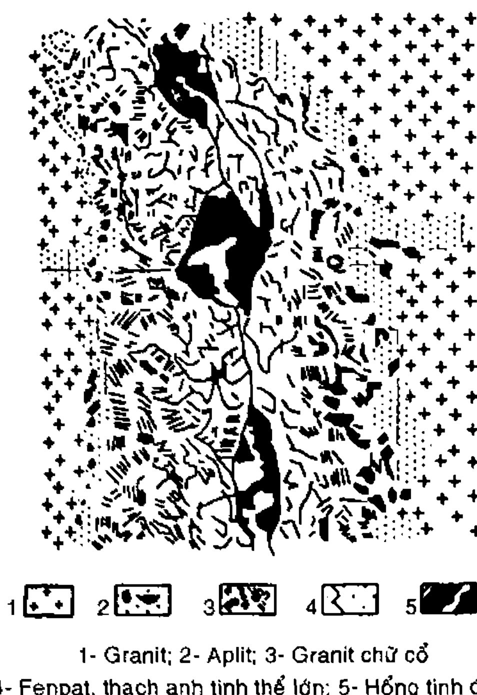
Nhiệt độ của macma tàn dư khoảng 400 - 700°C. Do rất giàu chất bốc nên áp lực bên trong rất lớn. Căn cứ vào quan hệ khác nhau giữa áp lực bên trong và áp lực bên ngoài hình thành nên hai loại tác dụng tạo khoáng sau:

1- Khi áp lực bên ngoài lớn hơn áp lực bên trong, chất bốc không thể bay ra ngoài được, lúc đó nó sẽ cùng kết tinh với những thành phần không phải là chất bốc. Đó là tác dụng *pecmatit*.

2- Khi áp lực bên ngoài nhỏ hơn áp lực bên trong thì chất bốc sẽ bay ra ngoài, đồng thời mang theo một số thành phần khác, tạo điều kiện cho sự hình thành tác dụng gọi là ***khí hóa***. Quá trình tạo khoáng khí hóa là quá trình kết tinh từ các chất thăng hoa.

Giữa pecmatit và khí hóa, mặc dù có sự phân chia như trên nhưng trong thực tế không hoàn toàn đơn giản như vậy. Nghiên cứu chứng tỏ rằng trong giai đoạn macma cũng có một bộ phận chất bay hơi tách ra, điền vào khe nứt của pecmatit hoặc trao đổi với đá vây quanh tạo nên biến chất tiếp xúc.

Từ sự phát sinh tác dụng pecmatit có thể thấy rõ, điều kiện độ sâu sinh thành rất quan trọng; nếu độ sâu quá nông, áp lực bên ngoài sẽ giảm xuống, không thuận lợi cho sự hình thành pecmatit. Các sản vật của pecmatit thường phân bố ở phần đỉnh của các khối xâm nhập sâu, và không xa các khối xâm nhập đó.



1- Granit; 2- Aplit; 3- Granit chữ cổ
4- Fenpat, thạch anh tinh thể lớn; 5- Hồng tinh đám

Hình 7.5 *Cấu tạo của mạch pecmatit granit*

Pecmatít là sản phẩm phân dị của macma. Đặc điểm về thành phần hoá học của pecmatit granit ngoài SiO_2, các chất kiềm và thành phần chất bốc tương đối giàu ra, còn tập trung khá nhiều nguyên tố có bán kính rất lớn hoặc rất nhỏ.

Về cấu tạo pecmatit có hai đặc điểm lớn: một là các đơn tinh thể kích thước rất lớn, hai là có cấu tạo phân đới. Hình 7.5 biểu diễn cấu tạo của một mạch pecmatit.

Thành phần khoáng vật của pecmatit tương tự như thành phần macma xâm nhập mẹ. Trong pecmatit granit chủ yếu có fenpat kali, thạch anh, mica và các khoáng vật tạo đá. Ngoài ra, còn có những khoáng vật chứa chất bốc như topa, tuamalin, các khoáng vật của nguyên tố hiếm như spođumen, berin, ziacon; đôi khi chứa các nguyên tố đất hiếm và phóng xạ như monaxit, uraninit, thorit,... Do đó trong pecmatit thường tìm thấy những khoáng sàng của ngọc quí, nguyên tố hiếm, vật liệu chịu lửa và nguyên liệu gốm sứ.

Về nguồn gốc pecmatit cho đến nay vẫn là vấn đề đang tranh luận sôi nổi. Theo quan điểm của A. E. Fersman, pecmatit là sản phẩm của sự kết tinh những chất tàn dư của các khối nóng chảy có chứa nhiều chất bốc. Chúng kết tinh trong hệ thống kín tạo thành những mạch có khi rộng tới 30mét và dài hàng 400 mét A. N. Zavaritxki, căn cứ vào những kết quả thí nghiệm hóa lý, cho rằng các tinh thể lớn trong pecmatit có thể thành tạo do sự tái kết tinh các khoáng vật của đá mẹ dưới ảnh hưởng của chất bốc tập trung cao độ trong khối macma tàn dư. Nhưng cả hai quan điểm trên đều xác nhận vai trò của chất bốc và đều cho rằng pecmatit thành tạo vào cuối giai đoạn macma thực sự và chiếm vị trí trung gian giữa các đá macma sâu và các mỏ quặng nhiệt dịch.

Gần đây K. A. Vlaxov phát triển quan điểm của A. E. Fersman phân chia sự thành tạo pecmatit thành bốn giai đoạn tương ứng với bốn kiểu pecmatit và ông đã quan sát được trong thực tế: Kiểu thứ nhất - pecmatit chữ cổ và hạt đều; kiểu thứ

hai - pecmatit dạng khối; kiểu thứ ba - pecmatit phân dị hoàn toàn; kiểu thứ tư - pecmatit thay thế kim loại hiếm.

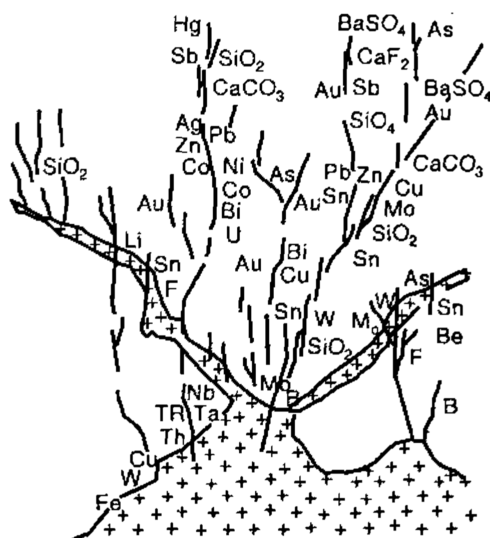
Bốn kiểu pecmatit này đều nằm ở phần trên của mạch pecmatit và có ý nghĩa trong thực tế rất lớn.

Khi những chất bay hơi tụ tập trong macma tàn dư bốc ra các đá xung quanh hay theo các khe nứt bay ra ngoài, do tác dụng thăng hoa sẽ ngưng kết thành khoáng vật, tạo nên tác dụng khí hóa. Căn cứ vào các sản phẩm thăng hoa ở miệng núi lửa. Có thể khẳng định là một số khoáng vật được hình thành trực tiếp từ thể khí. Tác dụng tạo khoáng khí hóa mà chúng ta nói ở đây lại có sự lấp đầy các khe nứt bằng các khoáng vật thành tạo do các chất khí thăng hoa như topa, berin, tuamalin, apatit, lưu huỳnh. Dĩ nhiên sự xuất hiện đơn độc tác dụng này thì rất ít thấy.

Giai đoạn nhiệt dịch

Về lý luận các dung dịch tạo khoáng của tác dụng nhiệt dịch trong nửa thế kỷ gần đây đều công nhận nó là sản phẩm cuối cùng của sự phân dị macma. Vật chất tạo khoáng đồng thời cùng với nhiệt dịch tách ra từ macma.

Do kết quả nguội dần của chất nóng chảy macma, các vật chất bay hơi chủ yếu là H_2O tập trung cao độ. Sau khi nguội đến nhiệt độ dưới 374°C - 400°C, tức là nhiệt độ tới hạn của nước, các chất bay hơi ngưng đọng lại thành nước (H.7.6) trong đó hoà tan khối lượng lớn các thành phần khác, vận chuyển theo các khe nứt trong đá. Một mặt, các dung dịch có thể lấp đầy các khe nứt; mặt khác, nó có thể phát sinh các phản ứng trao đổi với đá vây quanh. Do đó, tạo thành những khoáng sàng kim loại có một ý nghĩa to lớn và những đới biến đổi đá vây quanh có tác dụng chỉ đạo cho việc thăm dò tìm kiếm về sau.



Hình 7.6: Sơ đồ tổng quát phân bố các thành tạo nhiệt dịch. Các nhánh nhỏ biểu diễn các đá phun trào

Dựa vào nhiệt độ sinh thành khác nhau, các khoáng sàng nhiệt dịch được phân ra ba loại:

1- *Nhiệt dịch nhiệt độ cao:* nhiệt độ sinh thành khoảng 300°C - 400°C, chủ yếu hình thành nên các khoáng vật của vonfram, thiếc, molipđen, bismut, sắt và các nguyên tố kim loại khác. Các khoáng vật phi kim loại chủ yếu có thạch anh, mica, tuamalin, v.v... Có lúc còn có topa, berin; biến đổi đá vây quanh chủ yếu có greizen hóa (gồm thạch anh, mutcovit).

2- *Nhiệt dịch nhiệt độ trung bình*: nhiệt độ sinh thành trong khoảng 200°C-300°C. Chủ yếu hình thành các khoáng vật sunfua của đồng, chì, kẽm, sắt, coban, niken và các kim loại khác. Các khoáng vật phi kim loại chủ yếu là thạch anh và cacbonat, có lúc cũng xuất hiện barit. Sản phẩm của biến đổi đá vây quanh có clorit hóa, xerixit hóa, silit hóa, v.v...

3- *Nhiệt dịch nhiệt độ thấp*: nhiệt độ sinh thành từ 50°C-200°C chủ yếu hình thành các sunfua acsen, antimon, thủy ngân, bạc cũng thường xuất hiện sunfua của chì, kẽm, sắt. Khoáng vật phi kim loại có thạch anh, canxit, opan, canxeđon, v.v... Biến đổi đá vây quanh có kaolin hóa, thạch anh hóa.

Giữa các giai đoạn nhiệt dịch, sự biến đổi thành phần vật chất xẩy ra liên tục, tính chất của dung dịch tạo khoáng diễn biến từ từ. Do đó trong nhiệt dịch nhiệt độ cao đã có những mầm mống của nhiệt dịch nhiệt độ trung bình. Ngược lại trong nhiệt dịch nhiệt độ trung bình vẫn còn gặp những khoáng vật "sót lại" phát triển trong nhiệt dịch nhiệt độ cao. Điều đó chứng tỏ tính thừa kế và tính phát triển trong các dung dịch tạo khoáng. Mặt khác, do hiện tượng hoạt động của các khe nứt có tính chất "mạch đập" nên thành phần vật chất trong nhiệt dịch càng trở nên phức tạp hơn.

Về sự chuyển các kim loại nặng từ macma vào dung dịch nước nóng có thể xảy ra vào đầu giai đoạn nhiệt dịch, khi toàn bộ chất khí tàn dư trong macma chuyển thành nước (ở nhiệt độ tới hạn). Áp suất hơi nước rất cao làm cho các kim loại nặng bị cuốn theo và phân tán theo môi trường dưới dạng keo rồi từ đó kết tinh lại theo nhiệt độ hạ thấp dần.

Tất cả các khoáng sàng có nguồn gốc nhiệt dịch, nói chung đều là dạng mạch hoặc dạng đới. Các khoáng vật lấp đầy mạch cũng phân bố thành đới. Đặc biệt trong nhiệt dịch thường có nhiều tinh hốc, trong đó có mọc nhiều tinh đám. Tinh thể rất hoàn chỉnh. Các khoáng vật trao đổi với đá vây quanh thường có dạng xâm nhiễm. Khoáng vật thường có tập hợp hạt.

2- Các quá trình tạo khoáng ngoại sinh

Dưới tác dụng của nước, khí hậu và sinh vật, các loại đá và quặng trong vỏ Trái Đất bị biến đổi vô cùng phức tạp. Đó là tác dụng phong hóa. Nguồn năng lượng chủ yếu của tác dụng phong hóa là nhiệt và ánh sáng của mặt trời.

Trên Trái Đất, nước chiếm một diện tích rất lớn bao gồm biển đại dương, sông, hồ, vũng, vịnh, v.v... trong các môi trường đó phát sinh sự lắng đọng khoáng vật. Đó là tác dụng trầm tích.

Những sản phẩm của các quá trình ngoại sinh gồm các sản phẩm của quá trình phong hóa và quá trình trầm tích.

Sản phẩm phong hóa

Một số khoáng vật, đá dưới tác dụng của nước trên bề mặt bị hòa tan chủ yếu một số thành phần vào dung dịch nước trên mặt. Sau đó dung dịch nước giàu thành phần hòa tan, dưới tác dụng tuần hoàn lắng đọng thành một loạt khoáng vật tạo nên những quặng oxi hóa như limonit, piroluzit, malachit, azurit, v.v. Đó là quá trình phong hóa hóa học. Các khoáng vật của đới làm giàu thứ sinh các khoáng sàng sunfua là sản phẩm thuộc loại tác dụng này.

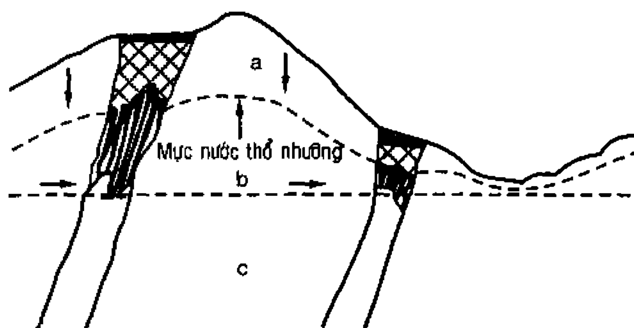
Ở những vùng nhiệt đới khí hậu nóng ẩm, hiện tượng phong hóa hóa học ăn sâu xuống những phần dưới của vỏ Trái Đất, tạo nên vỏ phong hóa có khi dày tới hàng trăm mét. Trong sự hình thành vỏ phong hóa, nước dưới đất giữ một vai trò rất quan trọng.

Nước dưới đất có thể chia ra làm ba đới (H.7.7):

1- *Đới nước thẩm thấu* nằm trên cùng giới hạn bởi mặt đất với mực nước thổ nhưỡng; nước ở đây di chuyển theo chiều thẳng đứng và có chứa nhiều CO_2, oxi có tác dụng oxi hoá và hoà tan mạnh các khoáng vật khác.

2- *Đới nước chảy* nằm phía dưới được giới hạn bởi mực phong hóa. Nước ở đây di chuyển gần như theo chiều nằm ngang và bị mất dần oxi trong các phản ứng oxi hoá, hiđrat hoá, cacbonat hoá ở đới trên nên khả năng oxi hoá rất yếu.

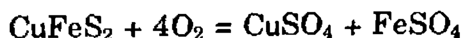
3- *Đới nước tĩnh* nằm dưới mực phong hoá hầu như không di chuyển, chủ yếu nằm trong các lỗ hổng hay khe nứt của đất đá. Nước này rất nghèo oxi, khả năng oxi hóa vô cùng yếu ớt.



a- Đới nước thẩm thấu; b- Đới nước chảy; c- Đới tĩnh

***Hình 7.7** Sơ đồ tuần hoàn của nước dưới đất*

Trong các khoáng sàng sunfua, quá trình oxi hóa các sunfua kim loại cho ta các sản phẩm đầu tiên là các sunfat dễ hòa tan và đại bộ phận bị cuốn vào đới oxi hóa. Ở đây phản ứng xảy ra như sau:



$$CuFeS_2 + 4O_2 = CuSO_4 + FeSO_4$$

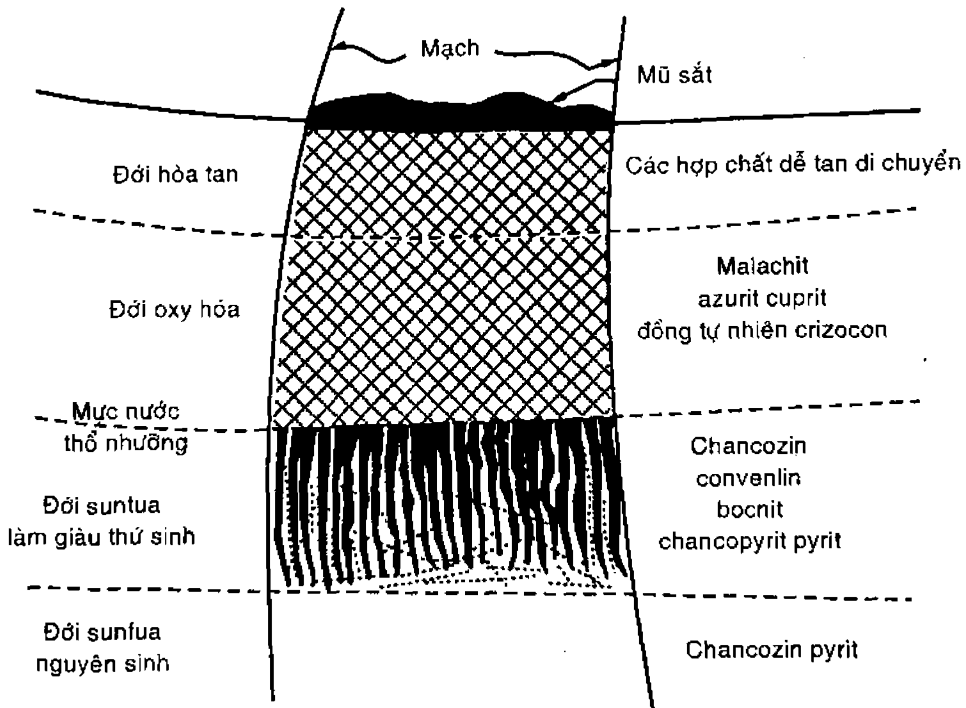
Các sunfua ngấm xuống dưới tác dụng với sunfua nguyên sinh cho ta sunfua thứ sinh giàu nguyên tố có ích hơn.



$$CuSO_4 + Cu_5FeS_4 = 2Cu_2S + 2CuS + FeSO_4$$

Bocnit *Chancozin* *Covelin*

(sunfua nguyên sinh) *(sunfua thứ sinh giàu Cu)*



Hình 7.8 *Sơ đồ mạch quặng có hiện tượng làm giàu thứ sinh*

Quá trình oxi hóa trên đây dẫn tới sự tập trung các sunfua thứ sinh giàu kim loại có ích, được gọi là quá trình làm giàu thứ sinh và hình thành nên đới làm giàu thứ sinh trong các khoáng sàng sunfua (H.7.8).

Một số loại đá, quặng và khoáng vật sau khi bị tác dụng phong hóa có bộ phận không hoặc khó hòa tan, chúng tích đọng lại thành thể tàn dư. Các loại đá có chứa khoáng vật silicat khi bị phong hóa, các kim loại kiềm và kiềm đất bị hòa tan và cuốn trôi đi, bộ phận khó hòa tan như Al_2O_3, SiO_2 bị giữ lại dưới trạng thái keo hình thành các khoáng vật sét và các hợp chất của hidroxit nhôm. Đó là quá trình tạo thành các *khoáng sàng tàn dư*. Các mũ sắt nằm trên các khoáng sàng sunfua cũng thuộc loại khoáng sàng này.

Quá trình trầm tích

Các sản vật bị các dòng nước xói mòn mang đi, một bộ phận hòa tan thì thành các dung dịch thật hoặc dung dịch keo, gặp điều kiện thích hợp thì lắng đọng. Đó là tác dụng trầm tích hóa học. Trong tác dụng trầm tích hóa học người ta chia ra trầm tích kết tinh và trầm tích keo.

Trầm tích kết tinh phát sinh trong môi trường dung dịch quá bão hòa hoặc do tác dụng hóa học mà lắng đọng lại. Trầm tích keo thì do sự trung hòa điện của các phần tử mang điện trong dung dịch keo hoặc môi trường phân tán bị giảm dần mà tạo nên.

Những khoáng vật có liên quan đến trầm tích hoá học gồm chủ yếu có các loại muối clorua, borat, cacbonat, fotfat; các loại oxit nhôm và mangan. Khi chúng tập trung thành khối lượng lớn sẽ thành tạo các mỏ muối NaCl, muối KCl, mỏ borat, thạch cao, apatit, bauxit và mangan có giá trị công nghiệp lớn.

Bộ phận không hòa tan bị các dòng nước cuốn đi đến những nơi thuận tiện sẽ trầm tích lại. Trong những trầm tích vụn đó có một lượng nhất định các khoáng vật có ích, nếu tích tụ nhiều thì sẽ thành khoáng sàng sa khoáng. Đó là tác dụng trầm tích cơ học.

Trong tác dụng trầm tích cần phải kể tới trầm tích hữu cơ do những hoạt động sinh vật tạo nên.

Trầm tích hữu cơ gồm chủ yếu xác sinh vật có vỏ vôi hay silit tạo thành những khối đá vôi san hô và tảo, những tầng silit hữu cơ rất dày. Các mỏ dầu khí thiên nhiên mà thành phần chính là các hidrocacbua được hình thành do sự phân hủy các di tích sinh vật trong các bồn trầm tích cũng thuộc loại trầm tích hữu cơ. Thuộc loại này còn phải kể đến các mỏ than, các bể than lớn là nơi tồn trữ khối lượng khổng lồ xác các thực vật hóa đá và cũng là nơi tích lũy năng lượng của Trái Đất qua nhiều triệu năm.

3- Các quá trình biến chất

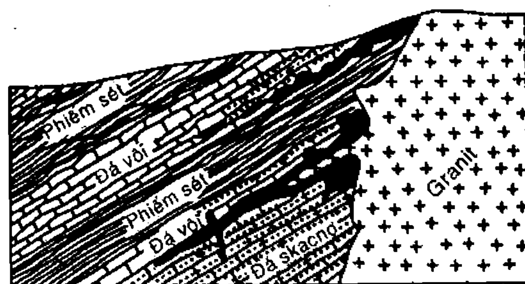
Quá trình biến chất bao gồm toàn bộ các tác dụng hóa học của các dung dịch trong các lỗ hổng, do nhiệt độ và áp suất làm biến đổi các đá, khoáng vật nằm dưới đới phong hóa. Căn cứ vào quan hệ khác nhau giữa thể xâm nhập và đá vây quanh, căn cứ vào nhiệt độ và áp suất (chủ yếu là áp suất) người ta chia ra làm hai loại biến chất lớn:

Biến chất tiếp xúc

Biến chất tiếp xúc thường xảy ra ngay chỗ tiếp xúc giữa thể xâm nhập với các đá vây quanh. Độ sâu của các thể xâm nhập nói chung không lớn lắm.

Khi khối xâm nhập tiếp xúc với đá vây quanh và đá vây quanh chỉ chịu ảnh hưởng nhiệt thì bản chất hoá học của chúng về cơ bản không có gì biến đổi. Khoáng vật chỉ tái kết tinh. Ví dụ, đá vôi biến thành đá hoa là *biến chất tiếp xúc nhiệt*.

Khi khối xâm nhập ảnh hưởng tới đá vây quanh không những chỉ về nhiệt độ mà còn mang lại những thành phần bay hơi sẽ xảy ra hiện tượng trao đổi làm biến chất các khoáng vật của đá tiếp xúc. Hiện tượng đó gọi là *biến chất trao đổi*. Sản phẩm của biến chất tiếp xúc trao đổi phụ thuộc vào thành phần của đá vây quanh và thành phần của thể xâm nhập. Thông thường các thể xâm nhập axit tiếp xúc với các đá cacbonat thì rất dễ phát sinh hiện tượng biến chất trao đổi, hình thành đới biến chất *skacnơ*, thành phần chủ yếu của chúng gồm có granat, ogit, vezuvian, v.v... Có lúc trong đới skacnơ có khoáng sàng như manhetit, sielit và các khoáng sàng sunfua kim loại khác (H.7.9).



Hình 7.9 *Sơ đồ biểu diễn sự tạo thành khoáng sàng skacnơ (màu đen là khoáng thể)*

Nhiệt độ của tác dụng biến chất tiếp xúc có thể từ 500 - 600°C, độ sâu sinh thành trên dưới 2000m, cũng có thể nông hơn, khoảng trên dưới 1000m.

Biến chất khu vực

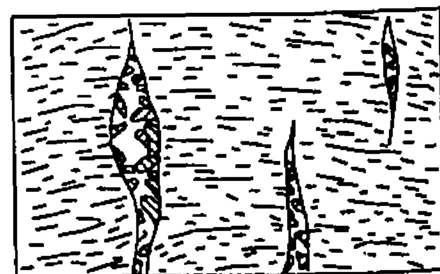
Biến chất khu vực xảy ra trên phạm vi rộng lớn do các hoạt động kiến tạo gây ra. Vỏ Trái Đất ở một khu vực nào đó bị hoạt động tạo sơn lún xuống dưới sâu, các đá chịu ảnh hưởng của áp suất tăng lên. Kèm theo những hoạt động tạo sơn đồng thời có hoạt động macma, do đó, làm cho các đá chịu thêm ảnh hưởng của nhiệt độ. Những ảnh hưởng đó làm cho khoáng vật và đá biến đổi thích ứng với điều kiện mới.

Trong đới biến chất khu vực nông các đá chịu ảnh hưởng của áp suất định hướng là chủ yếu, tạo ra một loạt các khoáng vật hình trụ, hình lá, tấm sắp xếp theo hướng nhất định. Ví dụ: mica (trong đá gơnai), amfibon (trong amfibolit).

Trong đới biến chất khu vực sâu, ảnh hưởng của áp lực tĩnh là chủ yếu nhưng cộng thêm là nhiệt độ tăng cao (theo địa nhiệt cấp). Đặc điểm nổi bật là trong thành phần khoáng vật không có gốc (OH), ví dụ, silimanit, fenpat, piroxen, granat, đisten v.v...

Mạch anpin

Mạch anpin (lấy tên gọi của dãy núi Anpơ trên biên giới Pháp - Ý) thường gặp trong đá phiến kết tinh và đá gơnai, đặc biệt trong vùng uốn nếp mạnh và nhiều khe nứt phá hủy. Mạch anpin có hai đặc điểm: một là thành phần của mạch và thành phần đá vây quanh tương tự, các ion dương có trong thành phần của mạch là do các đá xung quanh tiết vào; hai là khe nứt cấu tạo và thớ nứt



Hình 7.10 ***Mạch anpin***

của đá phù hợp với nhau. Đường phương của mạch và đường phương của đá giống nhau, nhưng đường dốc thì ngược nhau. Hình dạng mạch là các thấu kính kéo dài. Khoáng vật trong mạch có tinh thể hoàn chỉnh (H.7.10), thường thấy nhất là thạch anh, ađule, canxit, và clorit. Ngoài ra còn có một lượng rất ít của rutin, anata, specularit và sfen. Trong loại mạch này thường cũng hình thành khoáng sàng thạch anh áp điện có giá trị.

CÂU HỎI HƯỚNG DẪN ÔN TẬP CHƯƠNG 7

7.1. Trong dung dịch hay chất nóng chảy tinh thể các khoáng vật phát sinh và trưởng thành theo phương thức nào?

7.2. Bao thể là gì? Thế nào là nhiệt độ đồng hóa bao thể? Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu bao thể?

7.3. Làm thế nào để biết được khoáng vật đã bị biến đổi?

Có những nguyên nhân nào làm cho khoáng vật biến đổi?

7.4. Thế hệ khoáng vật là gì? Phân tích các biểu hiện sau đây có thể là thế hệ khoáng vật không?

Tuamalin có các đới màu và các vành sắc thái khác nhau?

Trên mặt của tinh thể thạch anh lớn mọc lên những tinh thể thạch anh nhỏ?

Trên mặt tinh thể rất lớn của barit có những tinh thể dạng hạt bé barit bao quanh thành một lớp vỏ.

Thành phần của agat (mã não) là SiO_2 có những vòng màu sắc khác nhau, mỗi vòng có phải là một thế hệ khoáng vật không?

7.5. Những điều kiện để xác định một tổ hợp cộng sinh là gì? Ý nghĩa thực tế của việc nghiên cứu tổ hợp cộng sinh?

7.6. Hãy nêu những dấu hiệu để xác định thứ tự thành tạo khoáng vật.

7.7. Đặc điểm tiêu hình và khoáng vật tiêu hình là gì? Có phải hễ là khoáng vật tiêu hình thì nhất định có đặc điểm tiêu hình không?

7.8. Ý nghĩa của việc nghiên cứu đặc điểm tiêu hình của khoáng vật và khoáng vật tiêu hình là gì?

7.9. Tại sao trong quá trình tạo khoáng nội sinh lại có thể phân chia thành nhiều giai đoạn? Yếu tố cơ bản để phân chia các giai đoạn là gì?

7.10. Nguyên nhân nào dẫn đến sự phân chia các đá macma thành nhiều loại theo thành phần?

7.11. Trong giai đoạn pecmatit tại sao khoáng vật có kích thước lớn, hoàn chỉnh? Tại sao các mạch pecmatit phân bố thành đới đối xứng? Các khoáng vật trong mạch pecmatit có nhất thiết cũng phân bố đối xứng như vậy không?

7.12. Giai đoạn nhiệt dịch thành tạo như thế nào? Căn cứ vào nhiệt độ, giai đoạn nhiệt dịch có thể chia ra làm mấy loại? Đặc điểm khoáng vật cộng sinh của mỗi loại và quan hệ của nó với các đá vây quanh bị biến đổi như thế nào?

7.13. Hãy phân biệt các khái niệm sau đây:

Đới phong hóa, vỏ phong hóa và đới oxi hóa.

Đới làm giàu thứ sinh của khoáng sàng sunfua.

Khoáng sàng tàn dư và các mũ sắt, mangan.

7.14. Quá trình phong hóa và quá trình trầm tích liên quan với nhau như thế nào?

7.15. Tác dụng biến chất trao đổi là gì? Tại sao khi macma tiếp xúc với đá vây quanh có lúc sinh ra skacnơ, có lúc lại không thành skacnơ?

7.16. Biến chất khu vực có sinh ra khoáng sàng được không? Kể một số ví dụ.

Chương 8

CÁC PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU KHOÁNG VẬT

Đối với người làm công tác nghiên cứu khoáng vật học, xác định một cách chính xác đặc điểm và tính chất của khoáng vật, đi sâu nghiên cứu thành phần kiến trúc, hình thái và sự khác biệt rất nhỏ trong các tính chất khác, cùng mối quan hệ với nguồn gốc của khoáng vật là một công tác rất quan trọng. Ngoài ra trong quá trình nghiên cứu giám định, phát hiện một khoáng vật mới cũng phải tiến hành một cách tỉ mỉ thận trọng. Nếu không làm được như vậy thì không đánh giá đúng giá trị của khoáng sàng, không có phương pháp khai thác hợp lý, không lợi dụng tổng hợp được tất cả thành phần vật chất của quặng, lãng phí tài nguyên của đất nước. Muốn làm tốt công tác nghiên cứu khoáng vật học cần phải dựa vào một số phương pháp cổ điển và phương pháp hiện đại.

Hiện nay các phương pháp hóa học, vật lý học và hóa lý đã thâm nhập ngày càng nhiều vào khoáng vật học, cung cấp cho khoáng vật học những công cụ nghiên cứu hiện đại với độ chính xác và độ nhạy rất cao. Tuy nhiên những phương pháp cũ và công cụ cổ điển vẫn được sử dụng một cách có hiệu quả nhất. Trong điều kiện của ta hiện nay, những phương pháp và công cụ cổ điển đó lại càng phù hợp. Trong những giáo trình riêng sẽ giới thiệu tỉ mỉ các phương pháp cổ điển. Dưới đây chỉ trình bày một số phương pháp hiện đại với các thiết bị hoàn chỉnh.

8.1 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU BẰNG TIA X

Phương pháp này là phương pháp dùng tia X để nghiên cứu thành phần kiến trúc tinh thể. Trong đó phương pháp bột (còn gọi là phương pháp Đêbai) là phương pháp rất giản tiện, phân tích nhanh, yêu cầu đối với mẫu đơn giản nên được ứng dụng một cách rộng rãi để giám định khoáng vật.

Phương pháp bột lợi dụng tia X đã biết bước sóng, chiếu vào bột khoáng vật đặt trong một hộp chụp đặc biệt có lắp phim để chụp ảnh các tia "phản xạ". Ảnh chụp được gọi là "phổ Đêbai". Phổ Đêbai gồm hàng loạt các đường cong có độ đậm và khoảng cách khác nhau. Hình dạng của phổ Đêbai là do kiến trúc của khoáng vật quyết định. Các kiến trúc khoáng vật khác nhau thì cho những phổ Đêbai khác nhau; số lượng các đường cong, độ đậm và khoảng cách của chúng khác nhau.

Dựa vào phổ Đêbai, người ta xác định được thành phần khoáng vật nhờ so sánh với một bảng tiêu chuẩn. Do đó cho phép giám định chính xác khoáng vật chưa biết, đồng thời có thể tính được các hằng số của ô mạng như a_0, b_0, c_0 v.v...

Ngoài ra dùng phương pháp Laoơ có thể xác định được dạng đối xứng của ô mạng, tính được hằng số của ô mạng cơ sở. Phương pháp Vaisenbec cho phép ta xác định được kiến trúc của tinh thể. Hai phương pháp này yêu cầu phải dùng đơn tinh thể.

8.2 PHƯƠNG PHÁP KÍNH HIỂN VI ĐIỆN TỬ

Đây là phương pháp mới. Kính hiển vi điện tử có khả năng phóng đại rất lớn. Hiện nay đã chế tạo được loại kính độ phóng đại tới hai mươi vạn lần, độ phân ly các hạt là 5 - 7. Do đó phương pháp này dùng nghiên cứu những khoáng vật phân tán nhỏ, kích thước dưới một micron có hiệu quả nhất.

Khi phân tích cần đem khoáng vật khuyếch tán trong dung dịch nước amôn thành dung dịch keo, sau đó giỏ những giọt keo lên trên một mạng lưới có những lỗ nhỏ (mạng lưới có đường kính 2 mm) rồi đặt vào chỗ khô ráo cho bay hết nước, cuối cùng đưa vào kính hiển vi điện tử để quan sát. Trong điều kiện chân không, khi chùm tia điện tử thấu qua màng keo sẽ chiếu hình dạng các hạt lên một màn huỳnh quang giúp chúng ta quan sát gián tiếp hình dạng các hạt và chụp ảnh nó. Phương pháp này rất thích ứng với các khoáng vật như kaolin, monmorilonit và các khoáng vật phân tán nhỏ.

Trong việc giám định chính xác cần phối hợp với phương pháp tia X, phương pháp phân tích nhiệt và phân tích hóa học.

8.3 PHƯƠNG PHÁP QUANG PHỔ

Phương pháp quang phổ hiện nay là một phương pháp xác định thành phần hóa học thường dùng nhất. Cơ sở lý luận của phương pháp này là: mỗi một nguyên tố khi được cung cấp nhiệt lượng một cách đầy đủ thì đều có thể phát ra một quang phổ có bước sóng nhất định. Nhờ các kính phân quang và phương tiện chụp ảnh ta có thể chụp nó lại trên kính ảnh. Căn cứ vào các vạch quang phổ có thể tiến hành định tính các nguyên tố, căn cứ vào cường độ các vạch quang phổ có thể tiến hành định lượng các nguyên tố đó. Phương pháp này phân tích tương đối nhanh, độ chính xác cao, trọng lượng mẫu phân tích không cần nhiều (vài mg là đủ), giá thành thấp, do đó được dùng rộng rãi để phân tích thành phần hóa học của khoáng vật. Máy quang phổ thông thường có thể phân tích định tính và bán định lượng của trên dưới 50 nguyên tố. Máy quang phổ loại lớn, hoặc quang phổ có bộ phận tia hồng ngoại thì có thể tiến hành xác định hầu hết các nguyên tố.

8.4 PHƯƠNG PHÁP CỰC PHỔ

Phương pháp này cũng dùng để phân tích thành phần hóa học của khoáng vật. Đặc biệt đối với các khoáng vật có chứa nguyên tố phân tán và nguyên tố hiếm thì có tầm quan trọng to lớn. Người ta đem dung dịch của khoáng vật đặt trong một bình điện giải, nối kín mạch điện của bình phân tích điện giải, sau đó thay đổi thế hiệu (điện áp) bên ngoài thì sẽ được một loạt các giá trị dòng điện tương ứng. Vẽ

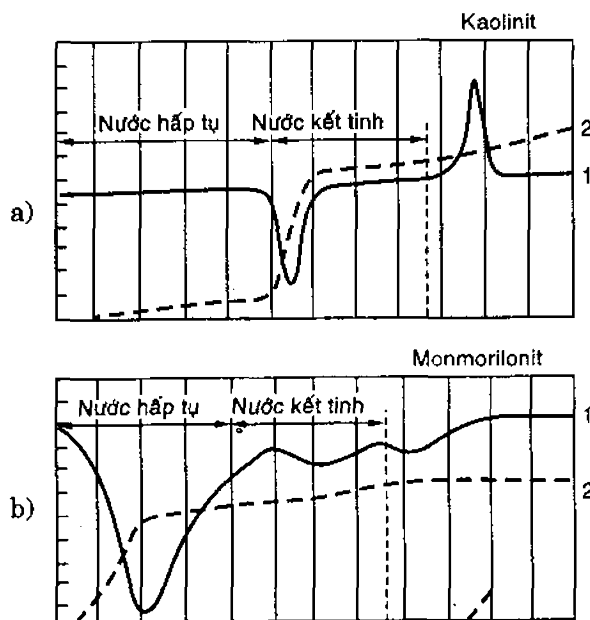
đường biểu diễn quan hệ dòng điện - điện áp của phép phân tích. Căn cứ vào đường biểu diễn có thể xác định nguyên tố chứa trong khoáng vật. Vì phương pháp này, độ nhạy, độ chính xác cao, phân tích nhanh, tương đối đơn giản, máy móc không phức tạp, do đó, được dùng để nghiên cứu thành phần hóa học của khoáng vật.

8.5 PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH NHIỆT

Phương pháp này dùng để nghiên cứu tính chất hóa lý của khoáng vật. Nó gồm phân tích thoát nước và phân tích nhiệt.

Phân tích thoát nước căn cứ vào lượng nước mất đi trong những khoáng vật ở nhiệt độ khác nhau. Sau đó lập đường cong thoát nước, biểu diễn quan hệ giữa lượng nước bị thoát ra và nhiệt độ. Hình dạng đường cong thoát nước do hình thức tồn tại của nước trong khoáng vật và tác dụng của nước trong kiến trúc quyết định. Các khoáng vật chứa nước khác nhau có đường cong thoát nước khác nhau. Phương pháp này chỉ hạn chế trong phạm vi nghiên cứu các khoáng vật chứa nước như khoáng vật sét, thạch cao,v.v...

Phân tích nhiệt dùng bột khoáng vật và chất tiêu chuẩn hay còn gọi là chất trung tính đặt trong lò nhiệt. Trong quá trình nung nóng khoáng vật phát sinh phản ứng thu nhiệt hay tỏa nhiệt còn chất tiêu chuẩn thì không có những phản ứng như vậy. Do nhiệt độ chênh lệch giữa khoáng vật và chất tiêu chuẩn thông qua cặp nhiệt điện ghi được dòng điện sai nhiệt. Trên đường cong sai nhiệt ghi lại các biểu hiện tượng đó: các đỉnh thu nhiệt và tỏa nhiệt (xem H.8.1).



Hình 8.1 *Đường cong sai nhiệt (1) và đường cong thoát nước (2) của kaolin (a) và của monmorilonit (b)*

Mỗi một hiệu ứng nhiệt tương đương với những nhiệt độ khác nhau và phản ánh các hiện tượng như thoát nước, phá hủy kiến trúc, thành tạo khoáng vật mới, chuyển biến tướng khoáng vật, v.v... Nhờ đó có thể dựa vào những đường cong tiêu chuẩn để xác định khoáng vật và nghiên cứu sự biến đổi hóa lý phát sinh trong quá trình đun nóng.

Ví dụ: Kaolin trong khoảng nhiệt độ 500°C - 550°C phát sinh tác dụng thoát nước, trên đường cong biểu diễn hiệu ứng thu nhiệt bắt đầu bằng một điểm uốn. Trong khoảng nhiệt độ 950°C - 1000°C phát sinh tác dụng phá hủy kiến trúc, trên đường cong biểu thị bởi một đỉnh tỏa nhiệt. Phân tích nhiệt nói chung chỉ dùng nghiên cứu đối với đơn khoáng vật, đặc biệt đối với khoáng vật sét, hợp chất hiđroxit, cacbonat và những khoáng vật chứa nước khác. Tuy nhiên, cũng có trường hợp người ta đem trộn lẫn các khoáng vật khác nhau với những tỷ lệ nhất định để vẽ những đường cong tiêu chuẩn dùng trong việc phân tích định lượng các hỗn hợp khoáng vật.

Trước mắt, một số phòng thí nghiệm đang được dần dần cải tiến hoàn chỉnh để có thể mở rộng phạm vi nghiên cứu đối với các khoáng vật khác.

PHẦN THỨ BA

MÔ TẢ KHOÁNG VẬT

PHÂN LOẠI VÀ CÁCH GỌI TÊN KHOÁNG VẬT

1- Mục đích và nhiệm vụ của việc phân loại

Để tiến hành mô tả khoáng vật một cách có hệ thống, đồng thời làm rõ mối quan hệ có tính chất qui luật giữa các khoáng vật, tất yếu phải có sự phân loại hợp lý và khoa học. Bất kỳ một ngành khoa học nào, việc phân loại các đối tượng nghiên cứu đều đi từ sự tổng kết qui nạp một số lớn tài liệu thực tế sẵn có. Do mức độ hiểu biết các tài liệu thực tế nông hay sâu mà quan điểm phân loại và nguyên tắc phân loại khác nhau. Việc phân loại khoáng vật phát triển và biến đổi không ngừng chứng tỏ mức độ nghiên cứu các đối tượng khoáng vật học càng ngày càng sâu sắc. Cho đến nay công tác nghiên cứu phân loại khoáng vật trước sau vẫn là một bộ phận quan trọng trong khoáng vật.

Đơn vị cơ sở của việc phân loại khoáng vật là *loại khoáng vật*. Mỗi một loại khoáng vật đều có tên riêng của mình, mỗi một tên gọi tiêu biểu cho những tính chất liên quan với khoáng vật này. Đồng thời, trong khoáng vật học mỗi tên khoáng vật đều bao hàm một ý nghĩa nhất định.

2- Nguyên tắc phân loại

Trong thời gian đầu, việc phân loại chủ yếu dựa vào tính chất vật lý của khoáng vật. Đến thế kỷ thứ 19 và đầu thế kỷ 20 khoáng vật học phát triển tới mức gọi là "giai đoạn hóa học", người ta nắm tương đối vững và có hệ thống thành phần của khoáng vật, lúc đó phân loại khoáng vật dựa vào hợp chất hóa học. Điển hình cho trường phái này là nhà khoáng vật học Mỹ Đ. Đana với phân loại khoáng vật của ông (1837). Tiếp sau đó là nhà bác học Đức P. Grôt dùng hình thái tinh thể bổ sung vào sự phân loại của Đ. Đana. Năm 1927 V. I. Vecnatxki đã phân loại theo giả thuyết kết cấu hóa học của khoáng vật mà ông đưa ra (đối với các silicat alumin) bổ sung cho sự phân loại của D. Đana thêm hoàn hảo.

Nhưng tất cả những cách phân loại ở trên đều mang khuynh hướng hóa học thuần túy.

Khi khoáng vật học phát triển tới giai đoạn mới, đặc biệt sau khi dùng tia X để phát hiện kiến trúc bên trong của khoáng vật, lúc đó mới gắn liền thành phần hóa học và kiến trúc bên trong của khoáng vật lại thành một thể thống nhất. Do đó phát sinh ra phương hướng phân loại mới: phương hướng hóa học tinh thể. Những năm 1930 - 1935, nhà bác học Anh W. L. Bragơ và các nhà bác học khác đã dựa vào nguyên tắc này để phân loại khoáng vật. Sự phân loại này đã đẩy khoáng vật học tiến lên những bước mới; sửa đổi cách phân loại cũ, đính chính lại những phân loại sai lầm, phân loại một cách ti mỉ hợp lý hơn các silicat v.v...

Nói như vậy việc phân loại theo hóa học tinh thể không phải có thể làm sáng tỏ hoàn toàn nguồn gốc và đặc điểm địa hóa của các nguyên tố. Do đó mỗi cách phân loại đều có những nhược điểm của nó. Mong rằng những người am hiểu khoáng vật học hãy nỗ lực đóng góp thêm ý kiến của mình.

3- Hệ thống phân loại

Hệ thống phân loại này dựa vào hóa học tinh thể làm cơ sở. Nó không những chỉ phản ánh những tính chất hóa học nói chung mà còn phản ánh cả tính chất của mối liên kết bên trong. Phân nhóm dựa vào tính chất của kiến trúc tinh thể; lớp và nhánh thì dựa cả vào tính chất mối liên kết lẫn thành phần hóa học để phân loại. Thứ tự những đơn vị nhỏ đến lớn gồm có: *loại, nhóm (nhóm phụ), lớp (lớp phụ), nhánh.*

Trong giáo trình này trình bày hệ thống phân loại như sau:

Nhánh I: Nguyên tố tự nhiên

Nhánh II: Sunfua và hợp chất tương tự

- Lớp 1: Sunfua đơn giản
- Lớp 2: Sunfua phức tạp

Nhánh III: Halogenua

Nhánh IV: Oxit và hiđroxit

- Lớp 1: Oxit
- Lớp 2: Hiđroxit

Nhánh V: Muối oxi

- Lớp 1: Silicat
- Lớp 2: Cacbonat
- Lớp 3: Sunfat
- Lớp 4: Cromat
- Lớp 5: Molipđat và vonframat
- Lớp 6: Fotfat, acsenat và vanađat

4- Cách gọi tên khoáng vật

Đơn vị cơ bản trong phân loại khoáng vật học là loại khoáng vật. Mỗi loại khoáng vật có thành phần hóa học và kiến trúc nhất định, thành phần của nó có thể biến đổi liên tục trong một phạm vi nhất định. Tên mỗi loại khoáng vật có thể dựa vào những nguyên tắc sau đây để gọi:

Căn cứ vào thành phần hóa học để gọi tên. Ví dụ, cromit ($FeCr_2O_4$) là do trong thành phần của nó có chứa nguyên tố crom

Căn cứ vào hình dạng tinh thể để gọi tên. Ví dụ, lepiđolit do từ chữ "lepis" là vẩy, vì khoáng vật này có dạng vảy mỏng.

Căn cứ vào tên địa điểm phát hiện để gọi tên. Ví dụ, inmenit phát hiện ở núi Inmenxki.

Căn cứ vào tên người để đặt tên. Ví dụ: gađolinit, tên đặt để kỷ niệm nhà bác học A. B. Gađoli, gagarinit là khoáng vật lấy tên nhà du hành vũ trụ đầu tiên người Nga I. V. Gagarin.

Tên đặt không có ý nghĩa gì. Ví dụ, apatit gốc từ chữ Hy Lạp "apatao" – có nghĩa là "nhầm" vì nó dễ nhầm với một số khoáng vật khác.

Gần đây người ta có xu hướng gọi tên khoáng vật theo *chữ cái đầu tiên của các ký hiệu hóa học.* Ví dụ, tuheolit (Th, U, He, O...) hay alkanasun (Al, K, Na, SO_4, ...).

Nói chung cách gọi tên khoáng vật hợp lý nhất là dựa vào nguyên tắc sau đây:

Thành phần hóa học của toàn bộ hoặc các nguyên tố hoá trị dương chủ yếu có trong thành phần của khoáng vật.

Gọi theo hệ thống kiểu hợp chất hóa học.

Gọi theo kiểu kiến trúc tinh thể.

Chương 9

NHÁNH I - NGUYÊN TỐ TỰ NHIÊN

Trong thiên nhiên chúng ta biết có 40 nguyên tố tự nhiên tồn tại độc lập, trong đó gồm các nguyên tố kim loại, bán kim và nguyên tố không kim loại. Nguyên tố tự nhiên chiếm khoảng 0,1% trọng lượng vỏ Trái Đất và phân bố không đều. Có một số tập trung rất giàu, thậm chí có thể thành khoáng sàng (như lưu hoàng, than chì, bạch kim...). Một số nguyên tố khác thì chỉ có ở trạng thái phân tán (H.9.1).

	1 H																
2 **He**	3 Li	4 Be	5 B	6 **C**	7 **N**	8 **O**	9 F										
10 **Ne**	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 **S**	17 Cl										
18 **Ar**	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 **Fe**	27 **Co**	28 **Ni**	29 **Cu**	30 **Zn**	31 Ga	32 **Ge**	33 **As**	34 **Se**	35 Br
36 **Kr**	37 Rb•	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 **Nb**	42 Mo	43 Tc	44 **Ru**	45 **Rh**	46 **Pd**	47 **Ag**	48 Cd	49 In	50 **Sn**	51 **Sb**	52 **Te**	53 I
54 **Xe**	55 Cs	56 Ba	57-71 TR	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 **Os**	77 **Ir**	78 **Pt**	79 **Au**	80 **Hg**	81 **Tl**	82 **Pb**	83 **Bi**	84 Po	85 At
86 **Rn**	87 Fe	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U											

Hình 9.1 *Các nguyên tố gặp ở trạng thái tự nhiên*
(chữ đậm nét trong bảng Menđeleep)

Về kiến trúc, kim loại có kiểu chồng khít lập phương (ô mạng lập phương tâm mặt) và chồng khít sáu phương. Mối liên kết giữa các chất điểm là mối liên kết kim loại, do đó có một loạt các tính chất đặc trưng: năng suất phản xạ cao, không trong suốt, có ánh kim. Màu kim loại rất đặc trưng. Màu vết vạch gần giống màu của bản thân kim loại. Có tính kéo dài và dẫn điện tốt, dẫn nhiệt tốt, độ cứng thấp, không cát khai, tỉ trọng lớn.

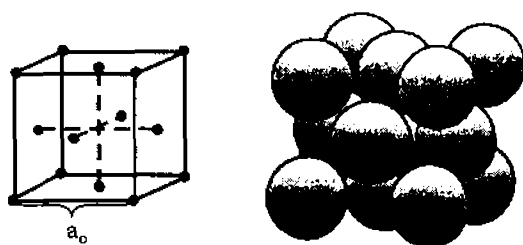
Các nguyên tố bán kim và không kim loại, mối liên kết nội bộ có nhiều loại: mối liên kết kim loại, mối liên kết hóa trị và mối liên kết phân tử v.v... Do đó so với các nguyên tố kim loại, chúng có những đặc điểm riêng. Ví dụ: tính dòn (lưu hoàng), tính cát khai (grafit) và tính thăng hoa, v.v...

Về nguồn gốc, các nguyên tố tự nhiên rất khác nhau. Các nguyên tố nhóm bạch kim thường thấy trong khoáng sàng macma, tồn tại trong đá siêu bazơ. Các nguyên tố nhóm đồng thường thấy trong khoáng sàng nhiệt dịch hoặc phần dưới đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua. Kim cương, nguồn gốc chủ yếu liên quan với đá macma siêu bazơ; còn grafit và lưu hoàng có nhiều nguồn gốc khác nhau.

9.1 ĐỒNG TỰ NHIÊN - Cu

Thành phần hóa học: Trong thành phần của đồng tự nhiên nguyên sinh còn có Fe, Ag, Au và các tạp chất khác lẫn vào. Thành phần của đồng tự nhiên thứ sinh tương đối sạch.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng tám mặt sáu $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Nhóm không gian O_h^9 – Im3m; a_o = 2,86 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Nguyên tử chồng khít kiểu lập phương tâm mặt. Nguyên tử đồng nằm ở đỉnh và trung tâm mỗi mặt của ô mạng cơ sở (H.9.2). *Hình dạng tinh thể*: Thành khối lập phương nhưng rất ít gặp. Thông thường thành tập hợp dạng cành cây không qui luật. Đồng tự nhiên trong quá trình ngoại sinh trôi vào các khe nứt của đá có tập hợp dạng lá, vảy mỏng. Trong đới làm giàu thứ sinh đồng tự nhiên có tập hợp dạng khối nặng hàng tấn.



Hình 9.2 *Kiến trúc tinh thể của đồng tự nhiên*

Tính chất vật lý: Màu đồng đỏ, có sắc xanh, ánh kim. Độ cứng 2,5 - 3, có tính kéo dài, không cát khai, vết vỡ có dạng răng cưa. Tỷ trọng 8,5 - 9. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Đồng tự nhiên hình thành trong điều kiện khử oxi của các quá trình địa chất:

Lấp đầy các lỗ hổng trong đá bazan, cộng sinh với zeolit, canxit, thạch anh. Nguồn gốc của chúng có liên quan đến nhiệt dịch.

Đồng tự nhiên thường gặp nhất là nằm trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua. Nó là sản phẩm trung gian trong quá trình chuyển biến từ sunfua đến oxit.

Đồng tự nhiên rất dễ bị oxi hóa thành oxit đồng và cacbonat đồng như cuprit và malachit.

Ở Việt Nam đồng tìm thấy ở một số địa điểm dọc sông Đà (Vạn Sai) và ở mỏ đồng Biển Động (Bắc Giang).

Công dụng: Khi tập trung nhiều thì có thể khai thác. Cu là nguyên liệu không thể thiếu được trong công nghiệp điện và cơ khí. Trước kia người ta dùng đồng để đúc tiền.

9.2 VÀNG TỰ NHIÊN - Au

Vàng là kim loại được loài người biết đến từ lâu. Nó cũng là khoáng vật rất phổ biến trong tự nhiên.

Thành phần hóa học: Trong thành phần của nó chứa Ag. Khi chứa Ag vượt quá 15% thì ta có electrum (Au, Ag). Có lúc còn chứa cả đồng và các nguyên tố khác. Vàng tự nhiên thứ sinh rất nghèo bạc.

Tinh hệ: Lập phương. *Kiến trúc tinh thể*. Giống như đồng tự nhiên.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể hoàn chỉnh rất ít gặp, đơn hình hay gặp chủ yếu là [111], ít hơn là [110] và [100]. Thường xuất hiện nhất là tập hợp hạt phân tán và dạng cành cây không qui luật (H.9.3).

Tính chất vật lý: màu vàng kim, thứ chứa nhiều Ag thì màu nhạt dần. Vết vạch có màu kim sáng. Ánh kim. Độ cứng 2,5 - 3,0. Tính kéo dài tốt, không cát khai, tỷ trọng 15,6 - 18,3 (vàng nguyên chất tỷ trọng 19,3) dẫn nhiệt, dẫn điện tốt.



Hình 9.3 *Vàng tự nhiên dạng móc câu trong thạch anh*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Vàng tự nhiên thường gặp nhất là trong khoáng sàng nhiệt dịch (khoáng sàng nguyên sinh), nhiều khi gặp trong sa khoáng (khoáng sàng thứ sinh). Đôi khi thấy trong đới oxi hoá của khoáng sàng sunfua.

Những khoáng sàng nhiệt dịch có chứa vàng thường liên quan với macma axit. Khoáng sàng chủ yếu là mạch thạch anh chứa vàng. Trong nhiệt dịch nhiệt độ cao vàng cộng sinh với pirit, acsenpirit và có tuamalin đi theo. Trong khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp cùng đi với vàng tự nhiên có pirit, sfalerit, galen, tetraedrit ...

Ở Việt Nam đã phát hiện nhiều mỏ và điểm quặng vàng có đặc điểm nguồn gốc và kiểu khoáng hóa khác nhau.

Nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ trung bình và thấp có các kiểu khoáng hóa sau:

Kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh tạo thành mạch, stocvec, đới xâm nhiễm trong đá phiến kết tinh, cát bột kết và quaczit. Thành phần khoáng vật quặng có vàng, pirit, manhetit, pirotin, sfalerit, galenit.

Mỏ đặc trưng cho kiểu này là ở Bồ Cu, Khau Âu, Hiệp Đức, Krong H'Năng.

Kiểu khoáng hóa vàng - thạch anh - sunfua có điện phân bố rộng thân quặng dạng mạch có độ tương phản cao với đá vây quanh. Chúng thường định xứ trong granit, các đá phun trào axit, đá biến chất từ đá sét, cát kết và cacbonat. Thành phần khoáng vật đặc trưng là vàng tự nhiên, một ít calaverit, menicovit. Nổi bật

hơn cả là tổ hợp sunfua có mặt thường xuyên trong quặng như acgentit, galenit, sfalerit, chancopirit, pirotin, pirit, acsenopirit, hematit, manhetit. Điển hình cho kiểu khoáng hóa này là mỏ Pac Lạng (Cao Bằng), Trà Năng (Lâm Đồng), Bồng Miêu (Quảng Nam), Làng Vài, Tà Sỏi (Nghệ An), Sông Hinh, Đá Bàn (Khánh Hòa), An Khê (Bình Định).

Kiểu khoáng hóa vàng–sunfua đặc trưng bởi tổ hợp các khoáng vật sunfua vượt trội về khối lượng so với các kiểu trên gồm pirit, acsenopirit, chancopirit, galenit, sfalerit. Tiêu biểu cho kiểu khoáng hóa này là các mỏ Sinh Quyền (Lào Cai), Bó Xinh (Sơn La), Chợ Điền, Tú Lệ (Yên Bái), Nam Đông (Thừa Thiên - Huế), Suối Linh, Phú Lý, Hiếu Liêm, Vĩnh An (Đồng Nai).

Nguồn gốc viễn nhiệt (epithermal) đặc trưng bởi tổ hợp khoáng vật nhiệt độ thấp, thường gặp khoáng hóa vàng - bạc, cacbonat, sunfo muối phân bố trên diện rộng, hàm lượng vàng thấp hơn hàm lượng bạc. Các đá biến đổi phổ biến là alunit hóa, xerixit hóa, propilit hóa, clorit hóa, canxit hóa trên nền đá phun trào axit - trung tính và đá vôi.

Mỏ điển hình là Nà Pái (Lạng Sơn), Pìn Hồ (Quảng Ninh), Làng Nèo (Thanh Hóa). Các điểm khoáng hóa theo kiểu này gặp ở Hóa An (Bình Dương), đèo Bảo Lộc (Lâm Đồng), đèo Rù Rì (Nha Trang).

Khoáng hóa vàng nguồn gốc phong hóa đã có những nghiên cứu bước đầu, nhưng cơ chế tập trung vàng trong đới oxi hóa chưa có nhiều tài liệu minh họa. Tuy nhiên đã tìm thấy dấu hiệu tích tụ vàng trong vỏ phong hóa laterit - kaolin, laterit - bauxit (Lâm Đồng), mũ sắt (Thái Nguyên) là những dấu hiệu đáng tin cậy để phát triển tìm kiếm thăm dò chúng.

Vàng nguồn gốc sa khoáng là loại hình quặng vàng tích tụ hiện đại đang được khai thác ồ ạt. Vàng thường tập trung theo các dòng chảy: hoặc theo lòng sông, suối hoặc theo các thềm sông, bãi bồi hiện đại. Hàm lượng vàng tuy thấp nhưng dễ khai thác song cũng dễ tổn thất, thu hồi chỉ được 30 - 50% hàm lượng vàng trong đất đá. Triển vọng nhất là các lòng sông Lô, sông Gâm, sông Kỳ Cùng, sông Hiếu, sông Mã, sông Sa Thầy, sông Ba, sông La Ngà và các lưu vực của chúng. Tập hợp khoáng vật trong sa khoáng rất đa dạng. Vàng tự nhiên có dạng hạt, vẩy, bụi (vàng cám).

Trên thế giới mỏ vàng Vitvatesran (Nam Phi) có sản lượng khai thác chiếm 40% sản lượng thế giới. Nhiều mỏ vàng ở Alaska (Mỹ) được khai thác từ thế kỷ trước nay vẫn còn tiếp tục. Ở Nga có nhiều mỏ nổi tiếng như mỏ Berezov, Đaraxun, Baleĭ. Ngoài ra vùng Đông Nam Á như Indonexia, Niu Dilân, Pa Pua Niu Ghinê đều có nhiều mỏ vàng.

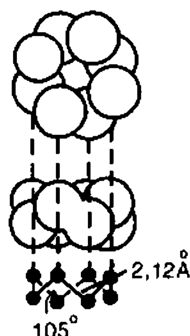
Công dụng: Vàng tự nhiên là quặng chủ yếu nhất của Au. Vàng dùng để chế đồ trang sức và đúc tiền vàng, nhưng trong công nghiệp thì công dụng không lớn lắm.

9.3 LƯU HOÀNG - S

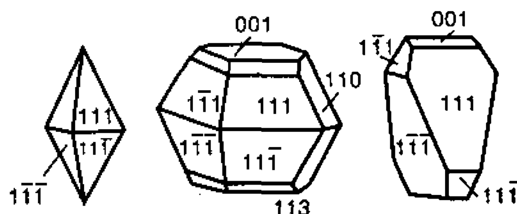
Lưu hoàng có ba biến thể đa dạng là: α - lưu hoàng, β - lưu hoàng và γ - lưu hoàng. Ngoài ra còn có các trạng thái khác nhau của lưu hoàng như dạng keo, tướng khí và tướng lỏng. Trong các biến thể đa dạng thì α - lưu hoàng là phổ biến nhất, ổn định nhất. Dưới đây là tính chất của α - lưu hoàng.

Thành phần hóa học: trong nhiều trường hợp lưu hoàng rất nguyên chất. Lưu hoàng nguồn gốc núi lửa thường chứa một lượng rất nhỏ của As, Se, Te, Tl. Trong những lớp trầm tích lưu hoàng thấy có chứa những tạp chất bùn bitum.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: *3L₂3PC*, nhóm không gian D_{2h}^{24} – *Fddd*; a_0 = 10,437 Å; b_0 = 12,845 Å; c_0 = 24,369 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Lưu hoàng tự nhiên có kiến trúc phân tử, 1 phân tử lưu hoàng có 8 nguyên tử sắp xếp xen kẽ nhau thành vòng gấp khúc, do đó phân tử lưu hoàng thường được biểu diễn bởi công thức S_8 (H.9.4). Mỗi ô mạng cơ sở lưu hoàng tự nhiên có 16 phân tử liên kết với nhau nhờ mối liên kết phân tử. *Hình dạng tinh thể*: Tinh thể có dạng tháp đôi hay tấm dầy do mặt tháp, lăng trụ thoi và mặt đáy tạo thành (H.9.5). Thường gặp khối hạt đặc xít.



Hình 9.4
Kiến trúc phân tử của lưu hoàng



Hình 9.5
Các tinh thể của lưu hoàng

Tính chất vật lý: lưu hoàng tự nhiên thường có màu vàng với nhiều sắc thái khác nhau. Mặt tinh thể có ánh kim cương, trên vết vỡ có ánh mỡ. Độ cứng 1 ÷ 2. Dòn, cát khai không rõ. Tỷ trọng 2,05 - 2,08.

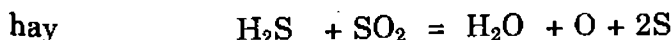
Nguồn gốc và khoáng sàng: Lưu hoàng tự nhiên thấy ở phần trên cùng của vỏ Trái Đất và trên mặt đất, sự hình thành của nó có nhiều cách:

Là sản phẩm của sự thăng hoa các khí núi lửa theo phản ứng sau:



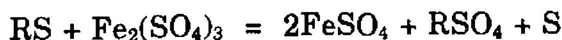
$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S$$

hay



$$H_2S + SO_2 = H_2O + O + 2S$$

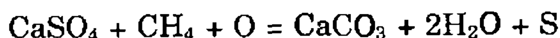
Do sự phá hủy các sunfua kim loại (chủ yếu là pirit) trong đới oxi hóa các khoáng sàng:



$$RS + Fe_2(SO_4)_3 = 2FeSO_4 + RSO_4 + S$$

trong đó R biểu diễn cho nguyên tố kim loại.

Trong những tầng trầm tích, do thạch cao phân hủy thành. Trong trường hợp này lưu hoàng thường cộng sinh với canxit:



$$CaSO_4 + CH_4 + O = CaCO_3 + 2H_2O + S$$

Lưu hoàng có nguồn gốc sinh vật có giá trị công nghiệp rất lớn. Trong đó lưu hoàng thường cộng sinh với thạch cao và bitum...

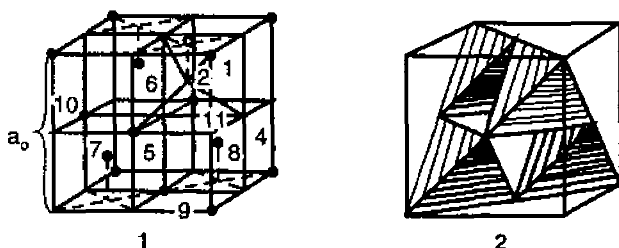
Đặc điểm nhận biết: màu vàng, độ cứng thấp, dòn, vết vỡ có ánh mỡ, dễ nóng chảy, có mùi khét.

Trên thế giới lưu hoàng tự nhiên gặp rất nhiều mỏ lớn: Gauadat, Sorơxu, Karakum (Nga), Xixin (Ý); Tecdat, Luidian, (Mỹ); Tứ Xuyên, Thanh Hải (Trung Quốc). Lưu hoàng thường thấy nằm bên trên các mỏ dầu khí nên người ta cũng dùng làm dấu hiệu tìm kiếm các mỏ dầu.

Công dụng: chủ yếu dùng để chế axit sunfuric, dùng trong nông nghiệp, công nghiệp cao su và công nghiệp khác.

9.4 KIM CƯƠNG VÀ GRAFIT

Kim cương và grafit là hai biến thế đa dạng của cacbon.



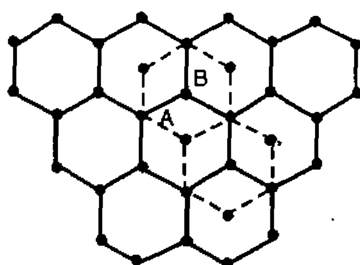
1- Biểu diễn các trung tâm nguyên tử; 2- Biểu diễn thành những tứ diện mà đỉnh và trung tâm chính là những trung tâm của các nguyên tử cacbon

Hình 9.6 *Kiến trúc tinh thể của kim cương*

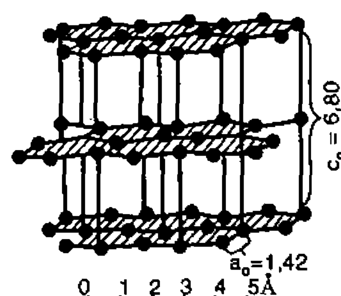
Kiến trúc của kim cương về cơ bản giống như lập phương tâm mặt; điểm khác nhau là nguyên tử cacbon không những chỉ nằm trên mặt lập phương mà còn nằm trong nửa số lập phương nhỏ xen kẽ với những lập phương bỏ trống. Mỗi nguyên tử C bị bốn nguyên tử cacbon xung quanh bao vây lập thành một tứ diện. Toàn bộ kiến trúc có thể thấy gồm nhiều tứ diện nối với nhau qua các đỉnh (H.9.6). Giữa các nguyên tử các cacbon mối liên kết duy nhất là cộng hóa trị. Khoảng cách giữa C–C là 1,54 Å.

Kiến trúc của grafit có cấu tạo lớp dạng tổ ong điển hình, mỗi lớp do nhiều hình lục giác cacbon liên kết với nhau tạo thành. Nguyên tử cacbon ở tầng trên chiếu đúng vào tâm của các vòng lục giác nằm dưới (H.9.7). Khoảng cách nguyên tử C–C trong cùng một lớp lá 1,42 Å, còn khoảng cách giữa hai mặt mạng là 3,40 Å (H.9.8).

Vì kiến trúc của kim cương và grafit không giống nhau nên tính chất của chúng cũng hoàn toàn khác nhau.



Hình 9.7 Kiến trúc tinh thể của grafit chiếu trên mặt (0001)

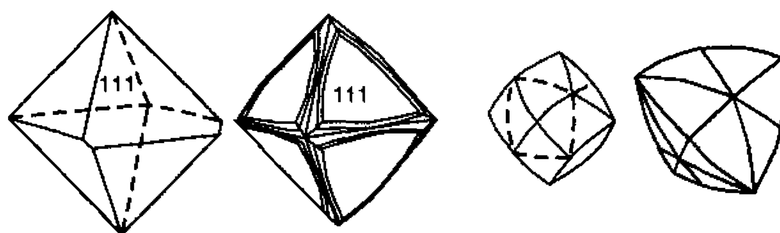


Hình 9.8 Kiến trúc tinh thể của grafit

Kim cương - C

Thành phần hóa học: Thứ không màu trong suốt do cacbon nguyên chất tạo nên. Tạp chất thường gặp là Si, Al,Ca, Mg, Fe và Ti, hàm lượng của chúng có thể tới 4,8%. Màu xanh có liên quan với Cr. Kim cương màu vàng thì hàm lượng Al cao.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bốn mặt sáu: $4L_3 3L_2 6P$. Nhóm không gian O_h^7 – *Fd3m*. *Hình dạng tinh thể:* bát diện, 12 mặt thoi. Tương đối ít gặp hơn là lập phương và tứ diện. Mặt của kim cương thường có dạng mặt cong xung quanh rìa tinh thể có dạng tù (H.9.9).



Hình 9.9 Tinh thể kim cương

Tính chất vật lý: Trong suốt, không màu hay có mang một số sắc đen nâu, vàng xanh. Có ánh kim cương tiêu chuẩn. Chiết suất N = 2,40 - 2,48. Độ cứng 10. Dòn. Song song với {111} cát khai trung bình. Tỷ trọng 3,47 - 3,56.

Nguồn gốc của khoáng sàng: Nguồn gốc của kim cương có liên quan với các đá xâm nhập sâu (đunit, đunit có mica). Trong các đá này, kim cương kết tinh dưới điều kiện nhiệt độ và áp suất cao. Kim cương là một trong những khoáng vật kết tinh sớm nhất trong macma. Nguồn cacbon từ macma hay đá vây quanh mang lại cho đến nay chưa rõ.

Trong điều kiện ngoại sinh các đá có chứa kim cương bị bào mòn vỡ vụn trôi vào sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Độ cứng cao nhất. Ánh kim cương tiêu chuẩn. Tinh thể thường có dạng mặt cong. Phát lân quang.

Ở Việt Nam kim cương được phát hiện trong sa khoáng vùng Lộc Ninh (Bình Phước) (H.9.10). Trong mẫu đãi trọng sa dòng gặp tập hợp khoáng vật kim cương, cromit, cromspinen, granat, corindon, inmenit, apatit, ziacon, rutin.



Hình 9.10 *Viên kim cương trong sa khoáng vùng Lộc Ninh (Việt Nam)*

Vấn đề có tồn tại mỏ kim cương ở nước ta hay không cần phải tiến hành nghiên cứu thêm về các dấu hiệu và tiền dề cấu trúc địa chất, thạch học macma, biến chất, địa mạo, khoáng vật chỉ thị, v.v... mới khẳng định được.

Trên thế giới mỏ kim cương lớn nhất gặp ở Nam Phi. Mỏ được khai thác từ độ sâu hàng kilomet. Ở đây người ta đào loại "quặng màu xanh" đưa lên mặt đất rồi chuyển về các nhà máy để tuyển lọc kim cương.

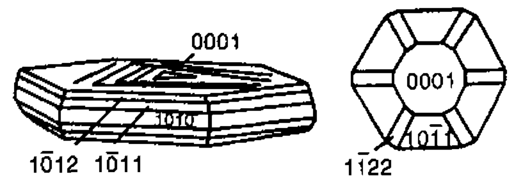
Ở Nga có vùng mỏ kim cương Iacutia được khai thác từ các ống nổ núi lửa cổ. Các mỏ kim cương sa khoáng gặp ở Braxin, Ấn Độ, Thái Lan.

Công dụng: Kim cương trong suốt dùng trang sức, những thứ khác được ứng dụng rộng rãi trong kỹ thuật công nghiệp hiện đại, ví dụ, dầu mũi khoan, dùng làm nguyên liệu mài và các dụng cụ cắt gọt.

Grafit - C

Thành phần hóa học: Loại nguyên chất rất hiếm, thường có chứa nhiều tạp chất.

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép: $L_6 6L_2 7PC$. Nhóm không gian D_{6h}^4 – *P6/mmc*. *Hình dạng tinh thể*: Dạng tấm hay lá lục giác (H.9.11). Tinh thể hoàn chỉnh rất ít gặp. Thông thường có dạng vẩy mỏng, dạng khối, dạng đất.



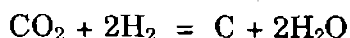
Hình 9.11 *Tinh thể grafit*

Tính chất vật lý: Màu đen sắt đến màu xám thép. Vết vạch màu đen sáng. Ánh kim. Thứ ẩn tinh màu nhạt hơn. Độ cứng 1. Cát khai hoàn toàn theo {0001}. Lá mỏng có thể uốn được, sờ hơi trơn, bẩn tay. Tỉ trọng 2,09 - 2,23. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Grafit thường thành tạo dưới điều kiện nhiệt độ cao:

Thường gặp trong các đá macma. Grafit gặp trong đá macma có liên quan với tác dụng đồng hóa các đá vây quanh chứa chất than, bitum hay đá vôi.

Grafit có nguồn gốc biến chất tiếp xúc gặp trong đới tiếp xúc giữa đá vôi và các thể xâm nhập do hiện tượng khử CO_2 bị phân hủy từ đá vôi ra.



$$CO_2 + 2H_2 = C + 2H_2O$$



hoặc $$CO + H_2 = C + H_2O$$

Phân bố rộng rãi nhất là các khoáng sàng grafit trầm tích biến chất. Những khoáng sàng này là do các đá trầm tích có chứa chất than, bitum hoặc là những lớp than trải qua biến chất khu vực mà thành.

Đặc điểm nhận biết: màu đen sắt, sờ trơn tay, cát khai rất hoàn toàn. Phân biệt với các tinh thể dạng tấm của molipđenit khi uốn thường bị gãy, tỷ trọng thấp hơn molipđenit.

Mỏ grafit Việt Nam có ở vùng Phố Mới (Lao Cai). Nguồn gốc của nó là biến chất khu vực, nằm trong đá granit và đá phiến kết tinh dọc tả ngạn sông Hồng. Mỏ grafit Hưng Nhượng (Quảng Ngãi) nằm trong tầng đá phiến kết tinh của rìa khối nâng Kontum.

Công dụng: Tính chất hóa học ổn định, dùng trong các lò luyện kim. Trong công nghiệp cơ khí dùng làm lớp bột đệm tránh ma sát. Trong kỹ thuật nguyên tử dùng làm chất giảm tốc. Người ta còn dùng grafit trong việc chế tạo lõi bút chì.

Chương 10

NHÁNH II - SUNFUA VÀ CÁC HỢP CHẤT TƯƠNG TỰ

Nhánh này bao gồm những hợp chất của lưu hoàng với một loạt các kim loại. Ngoài ra còn có những hợp chất của selen, telua và acsen. Số lượng khoáng vật của nhánh này có khoảng 350 loại trong đó sunfua chiếm chủ yếu. Theo tính toán sunfua chiếm khoảng 0,15% toàn bộ trọng lượng vỏ Trái Đất trong đó chủ yếu là sunfua sắt, các hợp chất sunfua còn lại chỉ chiếm chừng 0,001% toàn bộ trọng lượng vỏ Trái Đất. Mặc dù tỷ lệ phần trăm trọng lượng của chúng có giới hạn nhưng chúng có thể tập trung thành những khoáng sàng của các nguyên tố đất hiếm phân tán, của các kim loại màu có giá trị công nghiệp rất lớn.

Những nguyên tố chủ yếu hợp với lưu hoàng để thành các sunfua là: đồng, kẽm, chì, thủy ngân, niken, coban, mangan, bạc, molipđen, cađimi, bismut, antimon, acsen, v.v...Các nguyên tố gali, indi, reni đều không kết hợp với lưu hoàng thành những khoáng vật độc lập mà chỉ thành hỗn hợp đồng hình trong các khoáng vật khác.

	1 H																
2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F										
10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl										
18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br
36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I
54 Xe	55 Cs	56 Ba	57-71 TR	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At
86 Rn	87 Fe	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U											

Hình 10.1 *Các nguyên tố có trong thành phần sunfua và hợp chất tương tự (chữ đậm nét trong bảng Mendeleep)*

Nguyên tố hợp với selen để thành các selenua là đồng, bạc, thủy ngân, vàng, chì, bismut, coban, v.v... Ngoài ra Se có thể thành hỗn hợp đồng hình với lưu hoàng trong sunfua.

Những nguyên tố hợp với acsen để thành các acsenua là sắt, niken, coban và bạch kim.

Những ion nêu ở trên là một bộ phận của các kim loại có hợp chất với S, Se, Te, As đều nằm bên phải của bảng tuần hoàn Menđêlêep (H.10.1). Chúng có ái lực đặc biệt với lưu hoàng. Hợp chất của chúng khó hoặc gần như không hòa tan trong nước.

Ngoài ra hidro hợp với lưu hoàng thành sunfua hiđro (có tác dụng vận chuyển giống như nước), trong sự hình thành các sunfua kim loại nó có vai trò rất lớn.

Về kiến trúc tinh thể, sunfua và các hợp chất tương tự thuộc về loại hợp chất ion, nhưng trên một loạt tính chất nó khác với các hợp chất ion (ví dụ: các oxit) và có xu hướng gần nguyên tố kim loại tự nhiên. Có tình trạng đó là do các ion trong sunfua và các hợp chất tương tự quyết định.

Ion dương trong sunfua và hợp chất tương tự có bán kính tương đối nhỏ, hóa trị lớn, có khả năng phân cực mạnh. Các ion âm như lưu hoàng selen, telua, acsen có bán kính lớn hơn nhiều so với oxi, rất dễ bị phân cực, do đó mối liên kết trong sunfua và hợp chất tương tự có vị trí trung gian giữa liên kết cộng hóa trị và liên kết kim loại.

Về tính chất vật lý: Phần lớn khoáng vật sunfua và hợp chất tương tự đều không trong suốt, có ánh kim và dẫn điện được. Độ cứng tương đối thấp, nói chung nằm giữa 2 - 4. Các sunfua có kiến trúc dạng lớp như molipđenit, covelin, thư hoàng, v.v... độ cứng giảm xuống tới 1 - 2. Các khoáng vật nhóm pirit có các ion: S_2^{2-}, As_2^{2-} hoặc $(As - S)^{2-}$ thì độ cứng tăng lên đến 5 - 6,5. Tỷ trọng khoáng vật của nhánh này nói chung trong khoảng trên 4. Sunfua tỷ trọng tương đối lớn là vì các nguyên tố kim loại hợp với lưu hoàng có bán kính nguyên tử tương đối nhỏ và trọng lượng nguyên tử tương đối lớn.

Về nguồn gốc, các sunfua và hợp chất tương tự thành tạo trong điệu kiện tương đối sâu của vỏ Trái Đất. Phạm vi nhiệt độ để hình thành nên sunfua tương đối lớn, trong giai đoạn macma có thể thành tạo các khoáng sàng pirotin–penlanđit–chancopirit, nhưng đại bộ phận sunfua và các hợp chất tương tự lại có liên quan mật thiết với giai đoạn nhiệt dịch. Do đó tuyệt đại bộ phận trong chúng tập trung trong các khoáng sàng kim loại có nguồn gốc nhiệt dịch. Như vậy có thể giả thuyết rằng các kim loại nặng trong lò macma tách ra thành những thành phần bay hơi hoặc thành phần dễ hoạt động, trong điều kiện nhiệt độ và áp suất hạ thấp thì đầu tiên lắng đọng sunfua trong các giai đoạn nhiệt dịch.

Căn cứ vào tài liệu thực nghiệm, sự di chuyển các hợp chất này trong nhiệt dịch có thể dưới dạng các hợp chất của kim loại nặng với Cl, F, B ... Khi nhiệt độ hạ thấp, sunfua hiđro phân giải thành lưu hoàng và hiđro, lúc đó sunfua là sản phẩm khó tan do phản ứng trao đổi tạo ra: $ZnCl_2 + H_2S = 2HCl + ZnS$

Ngoài ra còn gặp sunfua và các hợp chất tương tự tồn tại trong vật chất trầm tích chứa chất bùn, bitum hoặc chất than. Nó hình thành trong điều kiện khử và có mặt của sunfua hiđro.

Trong quá trình phong hóa, do có nước và oxi nên sunfua và hợp chất tương tự không ổn định bị oxi hóa thành oxit, hiđroxit, cacbonat và các muối khác tạo nên những tổ hợp cộng sinh rất đặc trưng. Trong quá trình làm giàu thứ sinh, một số sunfua bị hòa tan và một số sunfua khác được thành tạo làm giàu thêm các nguyên tố có ích.

10.1 LỚP I - SUNFUA ĐƠN GIẢN VÀ HỢP CHẤT TƯƠNG TỰ

1- Nhóm chancozin

Hợp chất của nhóm này có kiểu A_2X (A là các nguyên tố kim loại, X là lưu hoàng), khoáng vật chủ yếu là chancozin, nó có nhiều biến thể: ở nhiệt độ thấp, dưới 91° có α-chancozin thuộc tinh hệ thoi là biến thể vững bền trong điều kiện thường. Trên 91° có β-chancozin thuộc hệ sáu phương ứng đúng với công thức Cu_2S. Nhưng chúng không vững bền thường biến thành α-chancozin (hay đigenit) thuộc hệ lập phương, kết tinh theo kiểu fluorin ứng với công thức $Cu_{2-x}S$ (trong đó x = 0,2). Trong tự nhiên chancozin thường gặp là một hỗn hợp của α-chancozin và β-chancozin.

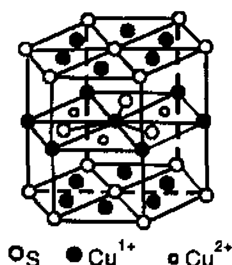
Chancozin - Cu_2S

Thành phần hóa *học:* Cu – 79,86%, S – 20,14%, nói chung thường có chứa Ag. Có lúc còn chứa Fe, Co, Ni, As và Au dưới dạng hỗn hợp cơ học.

Tinh hệ: Biến thể nhiệt độ cao thuộc tinh hệ sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép L_66L_27PC. Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$; $a_o = 3,90\,\text{Å}$; $c_o = 6,69\,\text{Å}$.

Biến thể nhiệt độ thấp thuộc tinh hệ thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian $C_{20}^{15} - Abm$; $a_o = 11,92\,\text{Å}$; $b_o = 27,33\,\text{Å}$; $c_o = 13,44\,\text{Å}$.

Kiến trúc tinh thể: Trong kiến trúc biến thể nhiệt độ cao (β- chancozin) ion lưu hoàng chồng khít sáu phương còn đồng nằm ở trung tâm các tam giác của mỗi tầng, tức có phối trí 3 (H.10.2). Biến thể nhiệt độ thấp rất phức tạp ở đây không trình bày. *Hình dạng tinh thể*: Tinh thể đẹp rất ít gặp, dạng tấm hay lăng trụ ngắn sáu phương. Thường gặp nhất là khối hạt đặc xít.



***Hình 10.2** Kiến trúc tinh thể chancopirit*

Tính chất vật lý: Màu xám chì, vết vạch màu xám sẫm. Ánh kim. Độ cứng 2 - 3, hơi có tính kéo dài. Cát khai theo (110) không hoàn toàn. Tỷ trọng 5,5 - 5,8. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng *sàng*: Chancozin có thể thành tạo trong các tác dụng nội sinh và cũng có thể thành tạo trong điều kiện ngoại sinh ở nhiệt độ dưới 105°C.

Trong điều kiện nội sinh thường gặp trong quặng sunfua giàu đồng nhưng nghèo lưu hoàng, cộng sinh với chancopirit nội sinh.

Đại bộ phận chancozin đều thành tạo trong điều kiện ngoại sinh, chủ yếu gặp trong đới làm giàu thứ sinh của tất cả các khoáng sàng sunfua đồng. Quá trình xảy ra theo trình tự sau:

Sunfua đồng nguyên sinh bị oxi hóa thành sunfat đồng theo phản ứng:



$$CuFeS_2 + 4O_2 \longrightarrow FeSO_4 + CuSO_4$$

Chancopirit nguyên sinh

Sunfat đồng trong dung dịch thấm lọc xuống dưới đới oxi hóa tác dụng với các sunfua nguyên sinh (có thể là chancopirit, pirit hoặc bocnit) tạo thành chancozin theo phản ứng:



$$CuSO_4 + Cu_5FeS_4 \longrightarrow 2Cu_2S + 2CuS + FeSO_4$$

Bocnit nguyên sinh chancozin covelin

Chancozin trong tự nhiên không vững bền dễ bị phá hủy để thành oxit hoặc Cu tự nhiên:



$$Cu_2S + 2O_2 \longrightarrow CuSO_4 + Cu$$

(phản ứng xảy ra trong điều kiện oxi hóa không hoàn toàn).

Đặc điểm nhận biết: Màu xám chì, độ cứng thấp, tính kéo dài, cộng sinh với các khoáng vật khác của đồng.

Ở Việt Nam, trong các mỏ đồng chancozin thấy trong đới làm giàu thứ sinh thường đi kèm với malachit và azurit ở Biển Động (Bắc Giang). Ở Nga có mỏ đồng nổi tiếng ở Tuarinxki (Uran). Ở Mỹ có mỏ Biut (Montana).

Công dụng: Là quặng quan trọng của đồng, là quặng sunfua giầu Cu nhất. Trong luyện kim màu đây là nguyên liệu chủ yếu để luyện đồng.

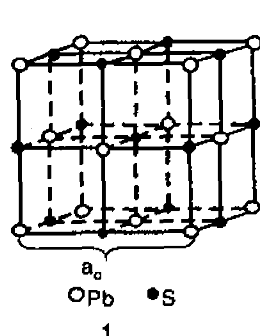
2- Nhóm galen

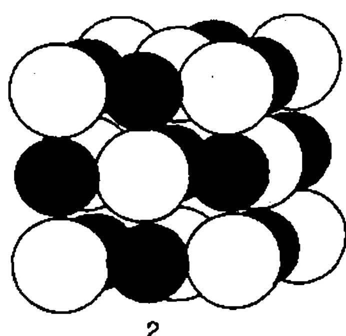
Các khoáng vật nhóm này thuộc kiểu hợp chất AX phổ biến nhất là galen.

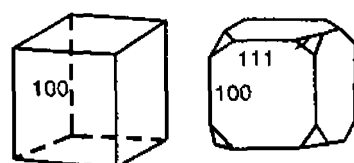
Galen - PbS

Thành phần hóa học: Pb: 86,6%; S: 13,4%. Các nguyên tố khác lẫn vào thường gặp nhất là Ag, Cu, Zn; thứ yếu có Se, Bi, Fe, As, Sb, Mo. Nhiều trường hợp chúng lẫn vào dưới dạng hỗn hợp cơ học.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h^5 - Fm3m$; $a_o = 5{,}924\,\text{Å}$. *Kiến trúc tinh thể*: Thuộc kiểu NaCl. Lưu hoàng chồng khít lập phương (H.10.3). *Hình dạng tinh thể*: thường có dạng lập phương đơn giản, có lúc thành tụ hình của bát diện và lập phương (H.10.4). Thông thường chúng thành tập hợp hạt hoặc khối đặc xít.







1- Biểu diễn theo trung tâm các ion;
2- Biểu diễn theo sự chống khít các ion

***Hình 10.3** Kiến trúc tinh thể của galen*

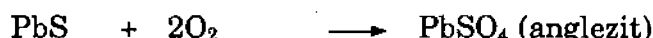
***Hình 10.4** Tinh thể galen*

Tính chất vật lý: Màu xám chì, vết vạch đen xám. Ánh kim. Độ cứng 2 - 3, cát khai theo {100} rất hoàn toàn. Thứ có chứa Bi thì có tách khai theo {111}. Tỷ trọng 7,4 - 7,6. Dẫn điện yếu và có tính chất kiểm ba (lọc sóng) tốt.

Nguồn gốc và khoáng *sàng*: Galen thành tạo trong khoáng sàng nhiệt dịch với điều kiện khác nhau về nhiệt độ và hoàn cảnh địa chất.

Trong nhiệt dịch nhiệt độ thấp và trung bình, khoáng sàng galen có giá trị công nghiệp lớn nhất. Galen thường cộng sinh với sfalerit, pirit, chancopirit, tetraedrit, v.v...

Trong điều kiện oxi hóa, galen không bền bị biến đổi thành anglezit và xeruxit:



$$PbS + 2O_2 \longrightarrow PbSO_4 \text{ (anglezit)}$$



$$PbSO_4 + CO_2 + H_2O \longrightarrow PbCO_3 \text{ (xeruxit)} + H_2SO_4$$

Đặc điểm nhận biết: Cát khai hoàn toàn theo lập phương, tỷ trọng nặng, hòa tan trong HNO_3 cho kết tủa sunfat chì màu trắng $PbSO_4$.

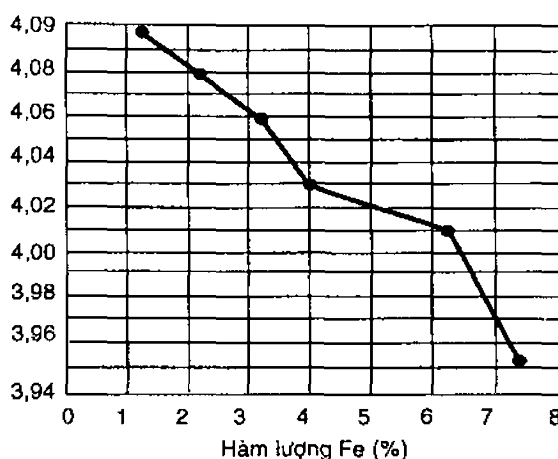
Ở Việt Nam galen gặp ở Chợ Điền, Tú Lệ (Yên Bái) và một số khoáng sàng chì kẽm khác. Trong các khoáng sàng chì kẽm, galen cộng sinh với sfalerit, pirit, chancopirit, thạch anh, canxit, v.v... Ở Bồng Miêu (Quảng Nam) galen nằm trong mạch thạch anh cộng sinh với pirit và vàng. Ở Gia Bạc (Ninh Thuận) có những mạch chì bạc hàm lượng galen tới 83% và bạc chiếm tới 1,5kg trong 1 tấn quặng.

Liên bang Nga có khoáng sàng lớn nhất ở Antai, Capcadơ và các nước vùng Trung Á như Uzơbekistan, Tatgikistan cũng có mỏ chì kẽm lớn.

Công dụng: Là quặng chì chủ yếu. Nếu chứa nhiều Ag thì có thể khai thác lấy Ag.

Sfalerit - ZnS

Thành phần hóa học: Zn: 67,1%; S: 32,9%. Trong thành phần của sfalerit thường chứa các nguyên tố phân tán như Cd, In, Ge, Tl; các nguyên tố Fe, Mn, Cu, Sn cũng hay gặp. Trong đó nguyên tố Fe có ảnh hưởng trực tiếp đến kích thước của ô mạng, tỷ trọng (H.10.5) và màu sắc của sfalerit.

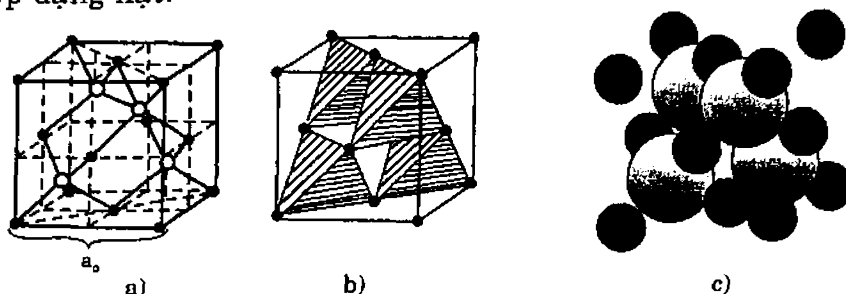


Hình 10.5 *Sự phụ thuộc giữa hàm lượng Fe và tỷ trọng của sfalerit*

Màu của sfalerit	không màu	màu nâu	nâu đen	màu đen
Hàm lượng Fe%	0,15	10,31	18,25	26,20
Kích thước ô mạng	5,423 Å	5,432 Å	5,442 Å	5,450 Å

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3Li_4 4L_3 6P$. Nhóm không gian $T_d^2 - F43m$

Kiến trúc tinh thể: Lưu hoàng chồng khít lập phương, Zn điền vào một nửa hổng tứ diện và chiếm các đỉnh của ô mạng lập phương tâm mặt. S chiếm trung tâm một nửa lập phương nhỏ, đồng thời với một ion S nằm giữa 4 ion Zn với số phối trí 4, các tứ diện hướng về cùng một phương (H.10.6). Nếu đem hình vẽ kéo dài theo ba trục sẽ tạo ra ô mạng mà vị trí ion S giống hệt vị trí của Zn. Lúc đó số phối trí của ion Zn và S đều là 4. Khoảng cách Zn – S là 2,35. Trên cùng một mạng (110) số lượng ion S và Zn phân bố tương đương, nên mối liên kết trong mặt này tương đối mạnh hơn các phương hướng khác, nhưng mối liên kết giữa các mặt đó lại yếu nhất. Điều đó quyết định tính cát khai hoàn toàn song song theo phương (110). *Hình dạng tinh thể:* Tinh thể thường có dạng tứ diện (H.10.7). Trên tứ diện chính và tứ diện phụ ánh và hình xâm thực rõ ràng có sự khác nhau. Thường gặp nhất là những tập hợp dạng hạt.

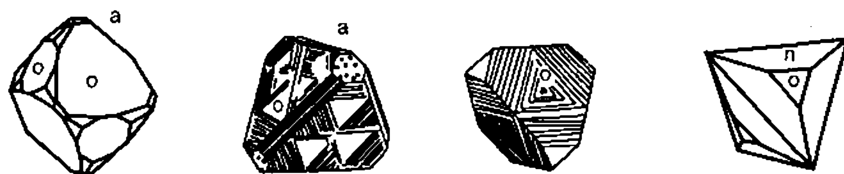


Hình 10.6 *Kiến trúc tinh thể của sfalerit*

a) Vị trí của các ion kẽm (chấm đen) và lưu hoàng (vòng trắng)

b) Kiến trúc sfalerit biểu diễn theo các tứ diện, trung tâm tứ diện là ion S

c) Cách xếp chồng khít theo các quả cầu



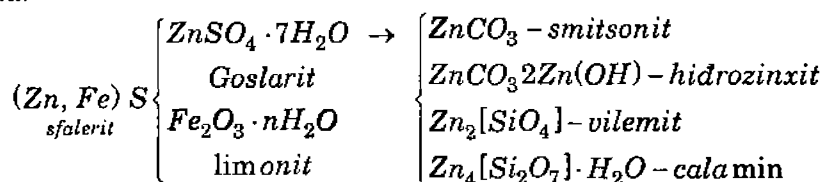
o{111}; a{100}; n{112}

***Hình 10.7** Các tinh thể của sfalerit*

Tính chất vật lý: Từ không màu đến vàng nhạt, màu nâu hung đến màu đen tùy theo hàm lượng Fe. Vết vạch từ trắng đến nâu. Ánh từ ánh nhựa đến ánh kim cương. Trong suốt đến nửa trong suốt. Cát khai theo (110) hoàn toàn. Tỷ trọng 3,9 - 4. Không dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng *sàng*: Giống như nguồn gốc của galen. Thường cộng sinh với galen, chancopirit trong khoáng sàng nhiệt dịch. Trong môi trường trầm tích rất ít gặp sfalerit, đôi khi gặp chúng trong các vỉa than.

Trong điều kiện ngoại sinh, sfalerit bị biến đổi thành một loạt các khoáng vật theo sơ đồ sau:



Trong nguồn gốc nội sinh Pb và Zn cộng sinh với nhau rất mật thiết dưới dạng khoáng vật galen và sfalerit. Dưới tác dụng phong hóa, sfalerit bị oxi hóa thành sunfua kẽm dễ hòa tan trong nước trên mặt và trôi đi mất; còn galen sau khi bị phong hóa biến thành các khoáng vật sunfua chì, cacbonat chì, fotfat chì khó hòa tan và nằm tại chỗ. Do đó trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua chì kẽm, các khoáng vật thứ sinh của kẽm rất ít gặp; ngược lại khoáng vật thứ sinh của chì thì rất phong phú. Nói một cách khác, trong đới oxi hóa chì và kẽm tách rời nhau.

Đặc điểm nhận biết: Ánh nhựa hoặc ánh kim cương; cát khai hoàn toàn theo 12 mặt thoi, thường cộng sinh với galen.

Sfalerit ở Việt Nam thường gặp cộng sinh với pirit, galen; đôi khi cộng sinh với chancopirit và grinockit. Có nơi nó cộng sinh với cả thần sa, với quặng đồng xám và barit. Sfalerit ở Thanh Mọi, làng Ca màu lục sẫm; ở Phong Thổ, Chợ Điều có màu vàng lục; ở Lũng Đại gần thị xã Đông Hải có màu vàng nhạt đến đỏ giống như nhựa thông.

Các khoáng sàng lớn nhất trên thế giới thường gặp ở Nagôni (Ukraina), Psibram (Cộng hoà Sec); ở Bientan (Thụy Sĩ) có những tinh thể trong suốt nằm trong các tinh hốc rất đẹp.

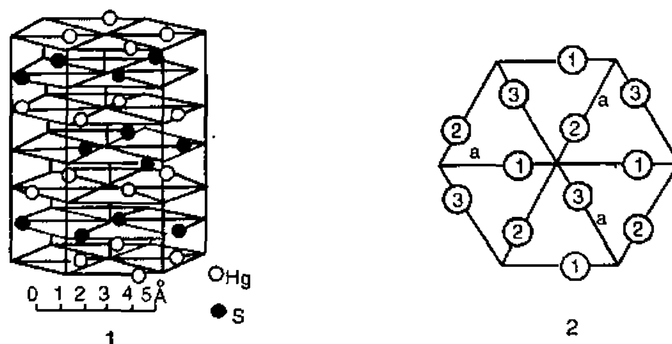
Công dụng: Quặng chính của kẽm. Có thể thu hồi Cd, In, Ga khi luyện kẽm. Những nguyên tố đó đều là nguyên liệu quan trọng trong công nghiệp hiện đại.

3- Nhóm thần sa

Khoáng vật nhóm này thuộc hợp chất kiểu AX chủ yếu là HgS. Nó có hai biến thể: lập phương và ba phương. Ở đây chúng ta chỉ học loại thần sa ba phương.

Thần sa - HgS, còn gọi là *cinaba*

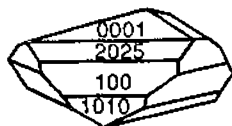
Thành phần hóa *học:* Hg: 86,2%, S: 13,8%. Có lúc chứa một lượng ít Se và rất ít Te dưới dạng hỗn hợp cơ học.



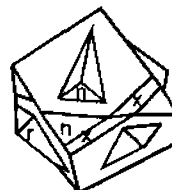
1- Kiến trúc tinh thể thần sa theo phối trí ion; 2- Hình chiếu của ion Hg trên mặt (0001)

***Hình 10.8** Kiến trúc tinh thể của thần sa*

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng khối mặt thang ba phương: L_33L_2. Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P3_12$; $a_o = 4{,}16\,\mathring{A}$; $c_o = 9{,}54\,\mathring{A}$. *Kiến trúc tinh thể:* giống kiểu NaCl bị bóp méo đi. Hg và S đều có số phối trí 6. Do kiến trúc là biến hình của NaCl cho nên song song với trục C có một trục xoắn ốc bậc 3 xuất hiện. Dùng các ion Hg chiếu trên mặt (0001) ta thấy rõ điều đó: tất cả các ion không nằm ở đỉnh bằng một phần ba khoảng cách giữa các đỉnh (H.10.8). Cứ ba tầng chồng khít lại lặp lại những vị trí cũ, nghĩa là thuộc kiểu chồng khít lập phương, trong mỗi tầng khoảng cách Hg – Hg bằng a, khoảng cách giữa các tầng bằng c. Nếu dịch chuyển ion S theo 1/3a thì kiến trúc thần sa trở lại kiến trúc của NaCl, lúc đó các ion Hg và S có phối trí giống hệt như ion Na và Cl nghĩa là đều bằng 6. *Hình dạng tinh thể:* Tinh thể có dạng tấm nhỏ, dầy hoặc mặt thoi ba phương (H.10.9). Song tinh theo quy luật xuyên cắm (H.10.10). Tập hợp hạt, có lúc dạng khối đặc xít hoặc dạng màng mỏng.



Hình 10.9
Tinh thể thần sa



***Hình 10.10** Song tin thần sa*
$r\{10\bar{1}1\}$; $n\{20\bar{2}1\}$; $x\{42\bar{6}3\}$

Tính chất vật lý: Màu đỏ. Vết vạch đỏ. Ánh kim cương. Độ cứng 2 - 2,5; cát khai hoàn toàn song song với {1011}. Tỷ trọng 8,09. Không dẫn điện (điểm này không giống với thần sa lập phương)

Nguồn gốc khoáng *sàng:* Thần sa là khoáng vật phổ biến nhất của Hg, hình thành trong điều kiện nhiệt dịch nhiệt độ thấp và lắng đọng trong môi trường kiềm, cộng sinh với antimonit, pirit, canxit. Đôi khi cộng sinh với thư hoàng và hùng hoàng.

Trong điều kiện ngoại sinh thần sa vững bền hơn một số sunfua khác nên có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Màu đỏ, vết vạch đỏ. Tỷ trọng lớn. Độ cứng thấp.

Ở Việt Nam đã phát hiện nhiều vành phân tán Hg rộng lớn ở vùng Hoành Bồ-Cẩm Phả (Quảng Ninh), ở đông bắc Thái Nguyên, ở Hà Giang v.v... Ở Liên bang Nga mỏ lớn nhất có ở Niketopka, bắc Đonet... Mỏ nổi tiếng trên thế giới là Anmaden (Tây Ban Nha), Iđra (Nam Tư). Ở Vân Nam (Trung Quốc) thần sa thành những song tinh và tinh thể lớn trong các tinh hốc.

Công dụng: là quặng chính của Hg. Hg dùng trong công nghiệp và dụng cụ khoa học tương đối phổ biến. Hg còn dùng để lọc vàng, chế tạo các thuốc thử, ngòi nổ, v.v...

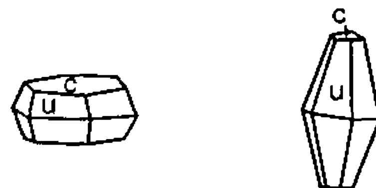
4- Nhóm pirotin

Khoáng vật nhóm này gồm những hợp chất của Fe, Co, Ni với S hoặc As, thuộc kiểu AX. Chủ yếu nhất là pirotin. Ngoài ra còn có penlandit cũng tương tự như pirotin.

Pirotin - $Fe_{1-x}S$

Thành phần hóa học: Pirotin so với FeS thì S nhiều hơn, có nghĩa là hàm lượng lưu hoàng không phải 36,4% mà tới 39 - 40%. Trong thành phần của nó x = 0,1 - 0,2. Các tạp chất Cu, Ni, Co và các nguyên tố khác.

Tinh hệ: Sáu phương (khi x = 0,113 thì thành biến thể một xiên). Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép: $L_6 6L_2 7PC$. Nhóm không gian D_{6h}^4 – $p6/mmc$, $a_o = 3{,}44\,\mathring{A}$; $c_o = 5{,}69\,\mathring{A}$. *Hình dạng tinh thể:* Thường thành dạng tấm, hiếm khi gặp lưỡng tháp và dạng trụ (H.10.11). Tinh thể của pirotin rất ít gặp, luôn luôn thành dạng khối đặc xít.



***Hình 10.11** Tinh thể pirotin c{0001}; u {2021}*

Tính chất vật lý: Màu vàng đồng, bề mặt do hiện tượng oxi hóa nên có sắc cầu vồng. Vết vạch màu đen. Ánh kim. Độ cứng 4. Dòn. Cát khai không hoàn toàn theo (1010). Có tách khai theo mặt đáy (0001). Tỷ trọng 4,58 - 4,70. Có từ tính mạnh. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường thấy trong điều kiện nhiệt dịch nhiệt độ thấp đến trung bình. Nguồn gốc của nó không những chỉ do nhiệt độ quyết định mà còn tùy thuộc vào nồng độ của lưu hoàng trong dung dịch quyết định nữa. Nếu nồng độ của S^{2-} cao thì thường thành tạo sunfua kép (FeS_2). Nếu nồng độ hạ thấp thì thành tạo sunfua đơn (FeS). Pirotin hầu như chỉ phổ biến trong các khoáng sàng nội sinh:

Trong đá macma bazơ nó là khoáng vật chính của khoáng sàng Cu – Ni, cùng cộng sinh với chancopirit và penlandit.

Trong khoáng sàng tiếp xúc trao đổi có khi tập trung một lượng pirotin rất lớn. Cộng sinh với nó có chancopirit, pirit, manhetit, sfalerit, acsenpirit.

Trong skacnơ thành tạo vào giai đoạn cuối.

Trong khoáng sàng nhiệt dịch pirotin cộng sinh với penlandit, sfalerit, galen, chancopirit, caxiterit v.v...

Trong tự nhiên pirotin bị phá hủy và biến đổi thành các khoáng vật khác theo trình tự:



$$FeS \longrightarrow FeSO_4 \longrightarrow Fe_2(SO_4)_3 \longrightarrow Fe(OH)_3 \longrightarrow FeOOH$$

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng đồng, có sắc loáng, từ tính mạnh, khó phân giải trong HNO_3 và HCl.

Ở Việt Nam gặp pirotin thành khoáng vật phụ cộng sinh với khoáng vật sunfua khác. Ở Quản Bạ (Hà Giang) pirotin cộng sinh với chancopirit, malachit, pirit, thạch anh. Ở Thanh Sơn (Vĩnh Phú) gặp pirotin cộng sinh với sfalerit, galen, pirit, macazit. Ở Bắc Thái, vùng sông Đà, Nghệ An rải rác đều có gặp pirotin. Ở Quỳ Hợp (Nghệ An) có nhiều mạch và thấu kính chứa pirotin đi cùng penlandit đặc xít.

Các khoáng sàng lớn trên thế giới là Satberi (Canađa), Bucven (Phi Châu) ở Uran (Liên bang Nga).

Công dụng: Dùng làm nguyên liệu cho kỹ nghệ điều chế axit sunfuaric, nhưng ý nghĩa của nó không lớn như của pirit.

Penlanđit - $(Fe, Ni)_9S_8$

Thành phần hóa học: Thành phần không cố định. Tỷ lệ Fe : Ni gần bằng 1 : 1. Thành phần lý thuyết: Fe – 32,55%; Ni – 34,22%; S – 33,23%. Thường hỗn hợp cơ học với Co, tới 3%. Có khi cả với Fe, Te.

Tinh hệ: Lập phương.dạng đối xứng tám mặt sáu $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h^5 - Fm3m$ Å; a_o = 10,17 Å. *Hình dạng tinh thể*: Những tinh thể hoàn chỉnh trong tự nhiên chưa gặp, thường gặp tản mạn trong quặng pirotin của khoáng sàng macma thành những hạt nhỏ méo mó.

Tính chất vật lý: Màu vàng đồng điếu, vết vạch màu đen lục. Ánh kim. Độ cứng 3 - 4. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo bát diện {111}. Tỷ trọng 4,5 - 5. Không có từ tính. Dẫn điện tốt.

Nguồn gốc và khoáng *sàng*: Penlanđit hầu như luôn luôn cộng sinh với pirotin, chancopirit trong khoáng sàng sunfua Cu – Ni, có liên quan với macma bazơ và siêu bazơ. Ngoài ra còn thấy cộng sinh vđi một it manhetit, các khoáng vật nhóm bạch kim.

Trong đới oxi hóa, penlanđit bị phá hủy thành tạo những sunfat dễ hòa tan trong nước như $NiSO_4.4H_2O$ và $NiSO_4.6H_2O$.

Khoáng sàng lớn là Satberi (Canađa). Thể quặng thành mạng nằm trong các khối macma bazơ gồm các đá norit, gabro, v.v... và thấy cả trong phức hệ đá biến chất xung quanh.

Đặc điểm nhận biết: Dễ nhầm với pirotin, phân biệt nhờ không có từ tính. Cho hòa tan trong HNO_3, rồi nhỏ vào dung dịch NH_4OH cho ta oxit Fe mầu nâu kết tủa, nhỏ dimetin glioxim cho dung dịch màu hồng (phản ứng Ni).

Công dụng: Là quặng quan trọng của Ni; có thể lấy một ít Co, Cu, các kim loại nhóm bạch kim.

5- Nhóm antimonit

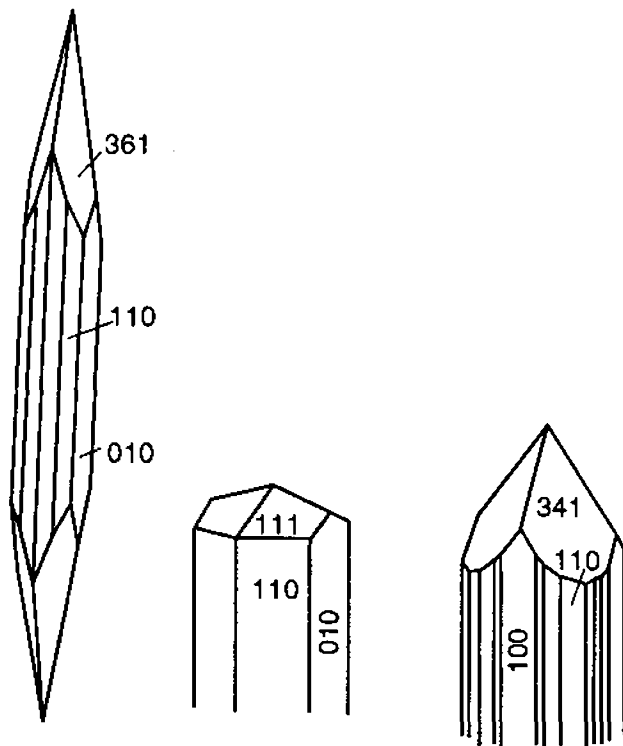
Các hợp chất nhóm này thuộc loại A_2X_3. Chủ yếu gồm các antimonit và bismutin. Tinh hệ thoi, kiến trúc dạng mạch.

Antimonit - Sb_2S_3

Thành phần hóa học: Sb – 71,4%; S – 28,6%. Có chứa một ít As, Bi, Pb, Fe, Cu. Có lúc chứa cả Au và Ag. Đại bộ phận tồn tại dưới dạng hỗn hợp cơ học.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: $3L_23PC$. Nhóm không gian D_{2h}^{16} - *Pnma*; a_o = 11,20 Å; b_o = 11,28 Å; c_o = 3,83 Å.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể thường kéo dài theo trục C thành dạng hình trụ, hình kim, trên mặt tinh thể có nhiều khía dọc song song. Thường gặp nhất là các đơn hình {110}, {010} (H.10.12). Tập hợp có dạng khối đặc xít hay hình que phóng tỏa (H.10.13).



Hình 10.12 *Các tinh thể antimonit*



Hình 10.13 *Tinh đám antimonit*

Tính chất vật lý: màu và màu vết vạch đều xám. Tinh thể thường có sắc xanh. Ánh kim. Độ cứng 2 - 2,5. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo phương song song với {010}. Trên mặt cát khai có vết ngang của song tinh tụ phiến. Tỷ trọng 4,6.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Antimonit là khoáng vật phổ biến nhất của Sb. Chủ yếu gặp trong khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp. Ngoài các mạch thạch anh-antimonit còn thấy trong nhiều khoáng sàng thủy ngân-antimon. Các khoáng vật cộng sinh có thạch anh, fluorin, barit, canxit và khoáng vật quặng có thần sa, thư hoàng, hùng hoàng.

Trong đới oxi hóa, antimonit dễ hòa tan biến thành các loại oxit Sb màu vàng như valentinit, xecvantit, xenacmontit, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Tinh thể dạng trụ. Đối với khối hạt đặc xít giỏ một giọt KOH lập tức cho ta dung dịch màu vàng sau đó biến thành đỏ da cam. Dùng phản ứng màu có thể phân biệt được với bismutin.

Ở Việt Nam, các mạch antimonit thấy ở vùng mỏ Khe Chim (Quảng Ninh), mỏ Yên Minh (Hà Giang), ở Làng Kiên, Làng Ngọc (Thanh Hóa), Chiêm Hóa (Tuyên Quang), Tà Soi (Nghệ An), vùng Cát Tiên (Lâm Đồng). Ngoài ra còn gặp các mỏ kiểu antimon đi với thần sa như ở Yên Vệ (Ninh Bình), Vàng Pục (Lạng sơn). Thường cũng hay gặp quặng antimon đi với vàng.

Liên bang Nga có mỏ antimonit lớn ở Rađônhinxki (Krasnoiac). Nhật Bản có mỏ Isinokawa. Vùng Vân Nam (Trung Quốc) cũng có những khoáng sàng lớn kiểu thạch anh - antimonit.

Công dụng: Là nguyên liệu chủ yếu để lấy Sb. Sb dùng để chế hợp kim chống mòn và đúc chữ in.

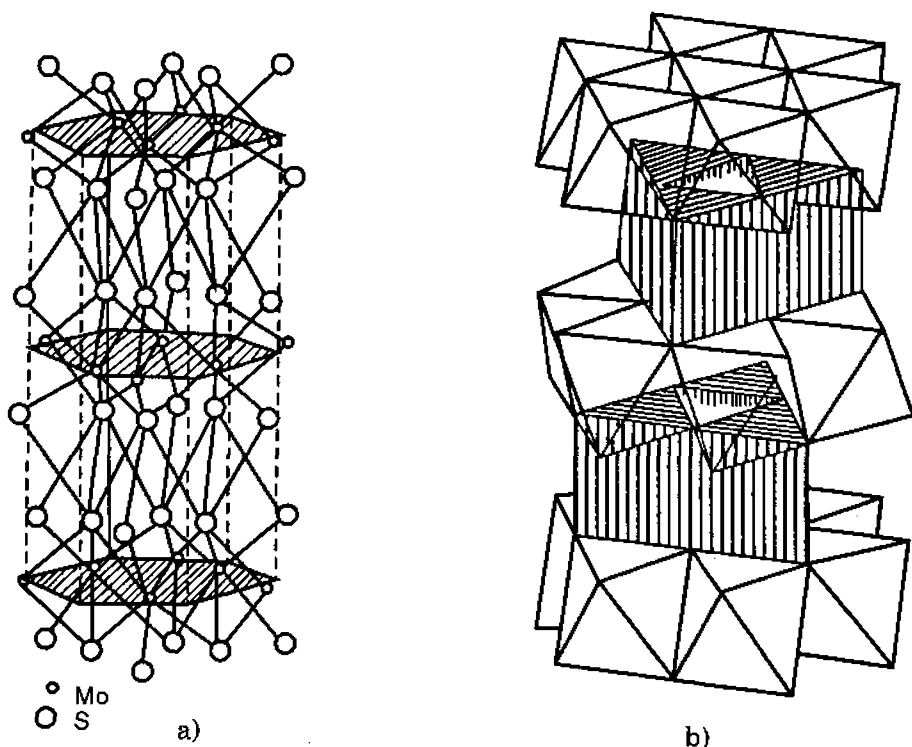
6- Nhóm molipđenit

Nhóm này gồm các hợp chất của ion dương hóa trị 4 với S thuộc kiểu AX_2. Khoáng vật thuộc nhóm này có kiến trúc lớp tiêu chuẩn. Tinh hệ sáu phương.

Molipđenit - MoS_2

Thành phần hóa học: Mo – 60%; S – 40%. Thường có đồng hình của Re. Các nguyên tố khác rất ít gặp. Hàm lượng của Re có thể tới 0,33%.

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép $L_6 6L_2 7PC$. Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$; $a_0 = 3{,}16\,\mathring{A}$; $c_0 = 12{,}32\,\mathring{A}$. *Kiến trúc tinh thể*: Trong kiến trúc lớp của molipđenit, Mo tạo thành mặt mạng nằm kẹp giữa hai lớp do S tạo thành song song với mặt đáy (0001). Cả ba lớp này tạo thành một tầng. Trong mỗi tầng liên kết rất chặt chẽ còn giữa các tầng thì liên kết yếu ớt do đó song song với (0001) cát khai rất hoàn toàn. Mo có số phối trí 6 nhưng lại không nằm trong bát diện mà nằm trong các lăng trụ tam giác do lưu hoàng tạo nên (H.10.14).



Hình 10.14 *Kiến trúc tinh thể molipdenit*

a) Biểu diễn theo phối trí ion (các lớp chứa ion Mo có gạch chéo)
b) Biểu diễn theo phối trí đa diện

Hình dạng tinh thể: tinh thể có dạng tấm lục giác nhưng thường không được nguyên vẹn. Trên mặt (0001) thường có vết khía. Thường thấy xuất hiện dạng vẩy mỏng.

Tính chất vật lý: Màu xám chì. Vết vạch màu đen xám hơi có sắc lục. Ánh kim. Độ cứng 1. Cát khai song song với (0001) rất hoàn toàn. Phiến mỏng có tính dẻo. Tỷ trọng 4,7 - 5,0.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật phổ biến nhất của molipđen nhưng ít khi thấy tập trung thành khối lớn.

Khoáng sàng molipđenit có liên quan với các đá xâm nhập axit. Khoáng sàng quan trọng thấy trong nhiệt dịch nhiệt độ cao và trung bình. Đặc biệt là trong những mạch thạch anh - molipđen. Khoáng vật cộng sinh tương đối đơn giản; trừ một số ít pirit tản mạn, các khoáng vật sunfua khác rất ít khi gặp.

Trong khoáng sàng skacnơ, molipđenit cộng sinh với thạch anh, sielit, chancopirit, pirit, v.v ...

Trong điều kiện ngoại sinh thường gặp povelit ($CaMoO_4$) giả hình theo molipđenit.

Đặc điểm nhận biết: Màu xám chì. Ánh kim mạnh. Độ cứng thấp. Cát khai theo mặt đáy hoàn toàn. Phân biệt với grafit nhờ tính không dẫn điện và các tấm tách ra rất dẻo.

Ở Việt Nam gặp molipdenit trong mạch thạch anh–molipdenit ở vùng Núi Sam (An Giang). Ở Hòn Sạn, Hòn Rồng (Khánh Hoà) molipdenit cộng sinh trong mạch nhiệt dịch cùng với các sunfua khác. Molipdenit còn gặp ở Hồ Đá Bạc, Krông Pha (Ninh Thuận) trong các mạch thạch anh - fenpat hoặc ổ xâm tán dạng vẩy nhỏ. Cộng sinh với molipdenit có khoáng vật đất hiếm và phóng xạ như octit, thorit, monazit, uraninit, vàng và các sunfua kim loại khác. Nằm bên sườn phía đông dãy Fanxipan có những mạch thạch anh - molipdenit hoặc fenpat - thạch anh - molipdenit chứa pirit, chancopirit, bocnit, vonframit.

Khoáng sàng molipđenit lớn nhất ở Klaimec (Mỹ) chiếm khoảng 55 - 60% molipđenit khai thác trên thế giới.

Ở Nga molipđenit có ở Capcadơ, Đông Xibia và Viễn Đông.

Công dụng: Là quặng chủ yếu của Mo. Mo có thể dùng để chế các hợp kim cứng. Molipđenit là nguyên liệu quan trọng để lấy Re.

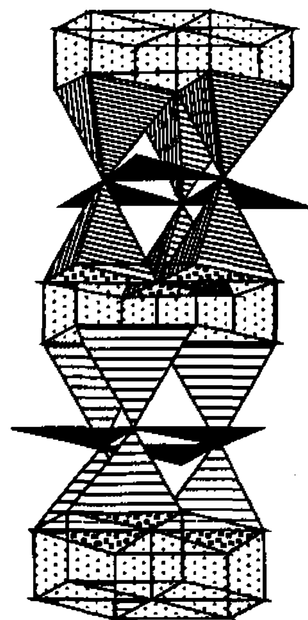
7- Nhóm covelin

Các khoáng vật nhóm này thuộc kiểu hợp chất AX nhưng ion âm và dương đều có hai loại có hóa trị khác nhau. Ví dụ, covelin (CuS) nên viết là $Cu_2S.CuS_2$ tức là Cu có Cu^{1+} và Cu^{2+}, S có S^{2-} và S_2^{2-}.

Covelin - CuS ($Cu_2S.CuS_2$)

Thành phần hóa học: Cu – 66,5%; S – 33,5%. Ngoài ra có hỗn hợp cơ giới của Fe, một ít Se, Ag, và Pb.

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép: L_66L_27PC. Nhóm không gian $D_{6h}^4 - P6/mmc$; a_o = 3,80 Å; c_o = 16,32 Å. *Kiến trúc tinh thể:* Covelin có kiến trúc sáu phương dạng lớp phức tạp. Căn cứ vào tài liệu thực nghiệm, tỷ số giữa ion đồng và lưu hoàng là 1:1. Nhưng đồng và lưu hoàng đều có hai loại hóa trị. Cu^{2+} nằm giữa các tam giác đều do S^{2-} cấu thành, vì vậy Cu^{2+} có số phối trí 3, các tam giác này liên kết nhau qua các đỉnh tạo thành lớp và thẳng góc với trục xoắn ốc bậc 6. Cu^{1+} nằm ở trung tâm các tứ diện, số phối trí bằng 4. Bốn đỉnh của tứ diện do ion S^{2-} và 3 cặp ion [S_2^{2-}] chiếm tạo thành dạng lớp phức tạp (H.10.15).



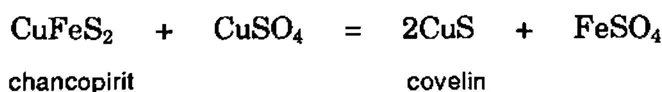
***Hình 10.15** Kiến trúc tinh thể covelin theo N. V. Bielov*

Covelin cát khai hoàn toàn theo (0001), có tính chất quang học rất đặc biệt, khi đun nóng, một bộ phận lưu hoàng thăng hoa. Những tính chất đó đều do kiến trúc của nó trực tiếp ảnh hưởng.

Hình dạng tinh thể: tinh thể rất ít gặp. Có dạng tấm mỏng, nhỏ sáu phương. Thường gặp nhất là dạng bột và màng mỏng.

Tính chất vật lý: Màu xanh chàm đến xanh đen. Vết vạch đen. Ánh kim (nếu là tinh thể). Thường khối bột chỉ có ánh đất. Độ cứng mềm 1,5 - 2. Dòn. Cát khai theo (0001) hoàn toàn. Tỷ trọng 4,59 - 4,67.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Covelin chủ yếu gặp trong điều kiện ngoại sinh. Đó là khoáng vật thường gặp nhất trong đới làm giàu thứ sinh của khoáng sàng sunfua đồng. Sự thành tạo covelin tương tự như chancozin, chỉ khác là quá trình covelin hóa tiến hành trong điều kiện oxi hóa hoàn toàn hơn.

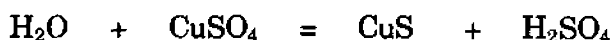


$$CuFeS_2 + CuSO_4 = 2CuS + FeSO_4$$

chancopirit covelin

Bocnit, sfalerit, galen nguyên sinh gặp dung dịch $CuSO_4$ đều có thể thành tạo covelin.

Trong tác dụng nhiệt dịch rất ít thấy covelin. Trong dung nham núi lửa có phát hiện thấy; nó là sản phẩm của sự phun khí có chứa lưu hoàng. Phản ứng tiến hành như sau:



$$H_2O + CuSO_4 = CuS + H_2SO_4$$

Trong đới làm giàu thứ sinh tổ hợp cộng sinh của covelin với chancozin rất điển hình. Cả hai khoáng vật trên được thành tạo theo phản ứng:



$$CuFeS_2 + 2CuSO_4 + H_2O = Cu_2S + CuS + FeSO_4 + H_2SO_4 + O$$

Trong đới oxi hóa covelin cộng sinh với cuprit. Chúng được tạo thành do phản ứng oxi hóa chancozin:



$$4Cu_2S + O_2 = 4CuS + 2Cu_2O \text{ (cuprit)}$$

Covelin có thể biến thành chancozin, còn trong điều kiện oxi hóa nó dễ bị hòa tan thành chancantit ($Cu[SO_4].5H_2O$) và chuyển thành oxit đồng.

Đặc điểm nhận biết: Màu xanh chàm, độ cứng thấp, đi kèm theo các sunfua Cu và các khoáng vật cộng sinh khác.

Ở Việt Nam, covelin thấy ở vùng Đá Chông cùng cộng sinh với chancopirit, ở Piaoac thấy những tinh thể chancopirit đang biến đổi dở dang thành covelin.

Tinh thể covelin do Coveli. N (1790 - 1829) mô tả đầu tiên ở Vêduvơ (Ý) trong các sản phẩm núi lửa.

Công dụng: Covelin không thành khoáng sàng độc lập; nó cùng với chancozin tạo thành quặng đồng chủ yếu.

8- Nhóm thư hoàng

Các khoáng vật nhóm thư hoàng có kiến trúc lớp. Ngoài thư hoàng còn có hùng hoàng. Về thành phần, tính chất và nguồn gốc gần tương tự nhau.

Thư hoàng - As_2S_3 , còn gọi là ocpimen

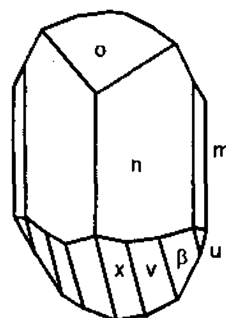
Thành phần hóa học: As – 61%, S – 39%. Có lúc chứa một lượng ít Hg.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^5 – $P2_1/2$; $a_o = 11{,}46\,Å$; $b_o = 9{,}59\,Å$; $c_o = 4{,}24\,Å$; $\beta = 90°27'$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể có dạng trụ ngắn (H.10.16). Tập hợp dạng phiến, phóng tỏa với cấu tạo thận, dạng hình cầu.

Tính chất vật lý: Màu vàng chanh. Độ cứng 1 - 2. Cát khai theo (010) rất hoàn toàn, phiến mỏng dẻo. Tỷ trọng 3,4 - 3,5.

Nguồn gốc và khoáng *sàng*: Thư hoàng chủ yếu thấy trong khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp cộng sinh với hùng hoàng, antimonit macazit, aragonit, thạch anh, v.v... Ngoài ra còn thầy thư hoàng trong sản phẩm thăng hoa của núi lửa, cộng sinh với lưu hoàng tự nhiên, các clorua.



o(301), u(210), m(110), x(3$\bar{1}$1); v($\bar{3}$21); β($\bar{1}$2.94); u(33$\bar{1}$)

Hình 10.16 *Tinh thể thư hoàng*

Trong điều kiện ngoại sinh gặp trong các khoáng sàng than và limonit là sản phẩm của H_2S tác dụng với acsen trong dung dịch.

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng chanh, độ cứng thấp. Phân biệt với lưu hoàng nhờ có cát khai rất hoàn toàn theo (010). Ánh kim cương.

Công dụng: Dùng làm quặng của acsen, điều chế As_2O_3 và dùng làm màu vàng. Acsen là một chất độc. Mặc dầu đã có công ước quốc tế cấm chế tạo sử dụng vũ khí hóa học nhưng một số nước bất chấp, đã dùng acsen để chế các loại chất độc hóa học sử dụng trong chiến tranh xâm lược, gây ra tội ác dã man nhất trong lịch sử nhân loại.

Hùng hoàng - AsS, còn gọi là reanga

Thành phần hóa học: As – 70,1%; S – 29,9%.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ: L_2PC. Nhóm không gian

C_{2h}^6 – $P2_1/n$; $a_o = 9{,}27\,Å$; $b_o = 13{,}50\,Å$; $c_o = 6{,}56\,Å$; $\beta = 106°33'$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể thường rất nhỏ, có dạng trụ. Nói chung thường gặp khối đặc xít hoặc khối đất.

Tính chất vật lý: Màu đỏ quít. Vết vạch màu đỏ quít nhạt. Trên mặt tinh thể có ánh kim cương. Độ cứng 1,5 - 2. Cát khai song song với (010) và (120) hoàn toàn. Tỷ trọng 3,4 - 3,6. Khi ánh sáng tác dụng lâu bị phá hủy và biến đổi màu thành bột màu đỏ cam.

Nguồn gốc khoáng *sàng*: Điều kiện hình thành hoàn toàn giống thư hoàng và thường cộng sinh với thư hoàng. Điểm khác với thư hoàng là hùng hoàng không tồn tại trên mặt đất vì khi ánh sáng chiếu vào thì bị phá hủy.

Đặc điểm nhận biết: Màu đỏ quít. Độ cứng thấp, thường cộng sinh với thư hoàng. Phản ứng ống thổi phát sinh mùi tỏi, bốc khói As_2O_3 màu trắng.

Công dụng: Dùng làm quặng As, AsS có thể dùng làm màu, dùng trong công nghiệp thủy tinh.

9- Nhóm pirit

Những khoáng vật nhóm pirit thuộc loại hợp chất AX_2. Trong đó A là Fe, Co, Ni, Mn, Pt và Ru. Còn X_2 là S_2, As_2, Se_2, AsS và SbS. Kiến trúc tinh thể có các ion âm hình quả tạ (quả cầu kép), thuộc kiểu kiến trúc muối mỏ. Các ion âm hình quả tạ tương đương với ion Cl^- và trong kiến trúc là S_2^{2-}, Ag_2^{2-}, $(As - S)^{2-}$ hoặc $(Sb - S)^{2-}$. Do đặc điểm và kiến trúc đó nó quyết định một số tính chất đặc trưng của các khoáng vật nhóm pirit: Độ cứng cao, nói chung từ 5 - 6,5 (có loại độ cứng lên tới 7 - 8). Bản thân các ion âm liên kết với nhau bởi mối liên kết cộng hóa trị rất chặt chẽ làm cho khoảng cách giữa chúng thu nhỏ lại. Ví dụ, khoảng cách S – S là 2,05 Å, trong lúc đó khoảng cách hai lần bán kính của lưu hoàng là 3,50 Å. Do đó làm cho khoảng cách giữa các ion dương của kim loại và các cặp ion âm cũng rút ngắn lại, mật độ vật chất trong ô mạng cao hơn.

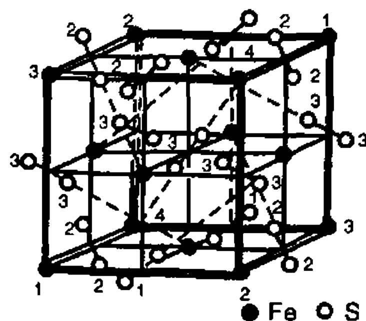
Pirit - FeS_2

Thành phần hóa học: Fe – 46,6%; S – 53,4%. Trong thành phần của nó có Co và Ni thành hỗn hợp đồng hình; còn As có thể tới 2,70%.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng, khối 12 mặt: $4L_33L_23PC$. Nhóm không gian $T_h^6 - Pa3$; a_o = 5,4006 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Hoàn toàn giống kiến trúc của NaCl. Chỉ khác là ion Fe^{2+} thay cho Na^+, những cặp ion S_2^{2-} hình quả tạ thay thế cho Cl^-. Trục của các cặp ion S_2^{2-} trùng với phương đường chéo của lập phương con (H.10.17).

Nguồn gốc và khoáng *sàng*: Pirit là khoáng vật sunfua phổ biến nhất trong vỏ Trái Đất, gặp trong nhiều loại đá và quặng. Nó được hình thành trong nhiều hoàn cảnh địa chất khác nhau.

Trong macma chúng là khoáng vật phụ thành những hạt tản mạn hoặc xuất hiện trong các khoáng sàng trao đổi biến chất (trong skacnơ) và khoáng sàng manhetit.



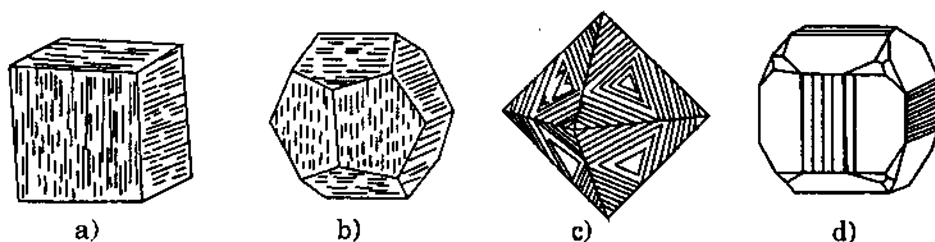
Hình 10.17 *Kiến trúc tinh thể của pirit*

Quan trọng nhất là các khoáng sàng nhiệt dịch của pirit, tập trung thành những khoáng sàng lớn và kèm theo có các khoáng vật của nhánh oxit, sunfua và nhánh nguyên tố tự nhiên.

Trong trầm tích gặp thành những kết hạch. Sự xuất hiện những kết hạch đó có liên quan với sự phá hủy các cơ thể sinh vật trong điều kiện khử oxi.

Trong đới oxi hóa, pirit bị phá hủy thành khoáng vật hidroxit Fe và sunfat Fe.

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng đồng, tinh thể lập phương hay 12 mặt ngũ giác, các vết khía trên mặt tinh thể. Độ cứng cao. Những dấu hiệu đó có thể giúp để phân biệt với các khoáng vật trong tự nhiên như macazit, chancopirit, pirotin.



***Hình 10.18** Các tinh thể pirit*
a) Lập phương; b) 12 mặt ngũ giác; c) Bát diện
d) Tụ hình của bát diện, 12 mặt ngũ giác và lập phương

Mỏ pirit ở Việt Nam được biết đến khá lâu. Mỏ Giáp Lai (Phú Thọ) đã được khai thác từ những năm 60 của thế kỷ trước. Pirit còn tập trung ở các mỏ Đồi Trịnh, Minh Quang (Hà Tây), Kim Bôi (Hòa Bình), Nam Đông (Thừa Thiên - Huế). Ở mỏ Nam Đông khoáng hóa pirit trong các mạch pirit - thạch anh, trong các đai mạch điaba; khoáng hóa pirit - pirotin dạng skacnơ. Tổ hợp khoáng vật quặng gồm pirit, pirotin, acsenopirit, vàng,...

Nga có nhiều mỏ pirit lớn ở vùng Uran, Tây Ban Nha có những mỏ pirit nổi tiếng ở vùng Guenva, Riotinto.

Công dụng: là nguyên liệu chủ yếu để điều chế axit sunfuaric trong công nghiệp. Có lúc còn có thể lấy Se, Ga và các nguyên tố phân tán khác.

Acsenpirit - FeAsS

Thành phần hóa học: Fe – 34,3%; As – 46,0%; S – 19,7%.

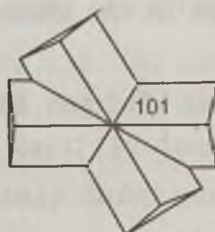
Thường có chứa Co dưới dạng hỗn hợp đồng hình, hàm lượng có thể đạt tới 3%. Acsenpirit chứa Co gọi là acsenpirit coban. Ngoài ra còn thấy các nguyên tố Ag, Au, Cu, Pb, Bi và Sb dưới dạng hỗn hợp cơ học.

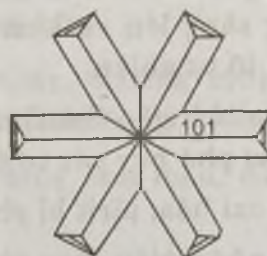
Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^5 - P2_1/C$; $a_0 = 9{,}58\,\text{Å}$; $b_0 = 5{,}69\,\text{Å}$; $c_0 = 6{,}42\,\text{Å}$; $\beta = 90^0$.

Hình dạng tinh thể: Thường có tinh thể lăng trụ hoàn chỉnh. Trên mặt tinh thể có vết khía song song với trục c (H.10.19). Có khi còn thấy song tinh xuyên cắm hình chữ thập (H.10.20). Tập hợp thường là khối đặc xít hay tập hợp hình que (H.10.21).



Hình 10.19
Tinh thể acsenpirit n{101}; t{230}





Hình 10.20
Song tinh và tam tinh acsenpirit

Tính chất vật lý: Màu trắng thiếc, trên mặt thường có sắc loáng màu xanh. Vết vạch đen. Ánh kim. Độ cứng 5,5 - 6. Dòn. Cát khai song song với (101) rõ, song song với (001) không hòan toàn. Tỷ trọng 4,9 - 6,2. Đập búa vào ngửi có mùi tỏi.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Acsenpirit là khoáng vật phổ biến nhất của acsen nguồn gốc nguyên sinh trong khoáng sàng kim loại.

Giới hạn nhiệt độ thành tạo rất rộng từ nhiệt độ cao đến nhiệt độ thấp nhưng đại bộ phận acsenpirit tập trung trong khoáng sàng nhiệt độ cao đến nhiệt độ trung bình. Ở nhiệt độ cao acsenpirit thường cộng sinh với quặng thiếc, vonfram trong mạch thạch anh, ngoài ra còn cộng sinh với fenpat, mica, tuamalin, v.v...

Trong đới oxi hóa, acsenpirit bị phá hủy tạo thành những khoáng vật thứ sinh như scorođit.

Đặc điểm nhận biết: Màu trắng thiếc, độ cứng cao, đập búa có mùi tỏi.



Hình 10.21 *Acsenopirit*

Ở Việt Nam gặp acsenpirit ở Phia Oắc, vùng thung lũng sông Lô và ở Ngân Sơn. Trong mỏ vàng Trà Năng, acsenpirit là khoáng vật đi kèm rất phổ biến.

Ở Liên bang Nga khoáng sàng acsenpirit lớn nhất nằm ở Uran, Đông Xibia (khoáng sàng Đaraxun).

Công dụng: Là quặng chính của acsen, là nguyên liệu để chế các hợp chất của As.

10.2 LỚP II - SUNFUA PHỨC TẠP VÀ SUNFÔ MUỐI

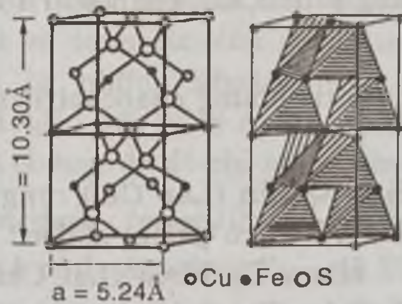
1- Nhóm chancopirit

Nhóm này bao gồm các khoáng vật là các hợp chất sunfua phức tạp của Cu, Fe và Sn. Kiến trúc tinh thể giống hai ô mạng cơ sở của sfalerit chồng lên nhau tạo thành ô mạng cơ sở thuộc tinh hệ bốn phương.

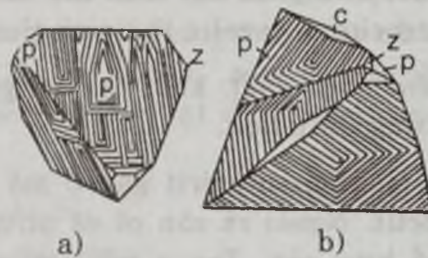
Chancopirit - $CuFeS_2$

Thành phần hóa học: Cu – 34,56%; Fe – 30,52%; S – 34,92%. Thường còn chứa hỗn hợp cơ học của Ag, Au, TI, Se, Te, v.v....

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng khối tam giác lệch bốn phương $L_{i4}\ 2L_2 2P$. Nhóm không gian $D_{2d}^{12} - I42d_o$; a_o = 5,24 Å; c_o = 10,30 Å. *Kiến trúc tinh thể:* Giống hai ô mạng của sfalerit, mỗi ion lưu hoàng trong kiến trúc bị bốn ion kim loại nằm ở đỉnh tứ diện vây quanh (hai ion sắt, hai ion đồng) (H.10.22). Mỗi ion kim loại bị bốn ion lưu hoàng vây quanh. *Hình dạng tinh thể*: Tinh thể ít gặp. Nếu có tinh thể thì có dạng tứ diện bốn phương (H.10.23, 10.24). Song tinh thường gặp theo (112). Tập hợp thường gặp là tập hợp khối hạt đặc xít.



Hình 10.22 *Kiến trúc tinh thể của chancopirit*



Hình 10.23 *Tinh thể (a) và song tinh (b) chancopiritp {111}, z{011}, c{001}*



Hình 10.24 *Tinh thể chancopirit*

Tính chất vật lý: Màu vàng đồng, nhưng thường xuất hiện những đốm mầu vàng nâu, vàng sẫm. Vết vạch có màu đen lục. Ánh kim. Độ cứng 3 - 4. Dòn. Cát khai theo (101) không hoàn toàn. Tỷ trọng 4,1 - 4,3. Có tính dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Chancopirit có thể thành tạo trong những điều kiện khác nhau.

Sự bố trí các trung tâm nguyên tử Cu, Fe và S (hình trái) cùng kiến trúc đó biểu diễn bằng tứ diện (hình phải)

Thường gặp trong khoáng sàng macma của sunfua Cu, Ni, có liên quan với các đá bazơ. Cộng sinh với piroxen, sfalerit, galen, thạch anh, canxit, v.v...

Trong điều kiện ngoại sinh, thỉnh thoảng cũng gặp trong đá trầm tích. Nó là sản phẩm có tác dụng lẫn nhau giữa sunfua hiđro do phá hủy các chất hữu cơ với những dung dịch nước có chứa Cu.

Chancopirit trong tác dụng phong hóa, biến thành sunfat Cu dễ hòa tan trong nước. Dung dịch sunfat Cu tác dụng với dung dịch cacbonat có thể hình thành malachit, azurit. Nếu trong dung dịch chứa silic thì tạo thành crizocon.

Trong đới làm giầu thứ sinh của khoáng sàng sunfua Cu, chancopirit thường bị bocnit, chancozin và covelin thứ sinh thay thế.

Đặc điểm nhận biết: khối đặc xít giống như pirit nhưng chancopirit màu vàng hơn và độ cứng thấp hơn.

Ở Việt Nam chancopirit gặp ở mỏ đồng Sinh Quyền (Lào Cai) cộng sinh với manhetit, octit. Ngoài ra còn có cả pirit, pirotin, ít hơn có galen, sfalerit cùng tồn tại trong tổ hợp này. Trong mỏ sunfua đồng - niken Tạ Khoa (Lai Châu) ngoài chancopirit và pirotin còn chứa các nguyên tố nhóm Pt có liên quan với các đá macma bazơ. Ở vùng mỏ Đức Phú, Đức Bố (Quảng Nam) chancopirit cộng sinh với sfalerit, pirit và galen liên quan với nhiệt dịch nhiệt độ trung bình.

Ở nước ngoài, các mỏ đồng lớn trên thế giới đều ở Chilê như mỏ Trukikatama. Mỏ Catanga (Công gô), mỏ Turinski (Nga) đều là những mỏ đồng nổi tiếng.

Công dụng: Dùng làm quặng của Cu.

Bocnit - Cu_5FeS_4

Thành phần hóa học: Căn cứ vào công thức phân tử, thành phần lý thuyết gồm có: Cu – 63,3%; Fe –11,2%; S – 25,5%. Trên thực tế thành phần của nó còn thay đổi rất nhiều. Cu có thể từ 52% - 65%; Fe từ 8% - 18%; S từ 20% - 27%. Trong thành phần của bocnit đôi khi gặp cả chancopirit và chancozin dưới dạng hỗn hợp đồng hình hay bao thể. Hỗn hợp cơ học thường thấy có Ag.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h^7 - Fd3m$; $a_o = 21,94\,\text{Å}$. ***Hình dạng tinh thể***: Tinh thể rất ít thấy thường thành khối đặc xít hay tập hợp hạt.

Tính chất vật lý: Trên mặt mới vỡ có màu đỏ xẫm hơi tím. Trên vết vỡ cũ bị phủ một lớp màng mỏng màu cầu vồng hay màu cổ vịt. Vết vạch màu đen. Ánh bán kim. Độ cứng 3. Dòn. Tỷ trọng 4,9 - 5,0. Có tính dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Bocnit là khoáng vật phân bố rất rộng rãi trong các khoáng sàng đồng; có hai loại nội sinh và ngoại sinh.

Về nguồn gốc nội sinh, bocnit thường gặp trong khoáng sàng nhiệt dịch. Trong nhiều trường hợp thấy có bao thể của chancopirit sắp xếp thành lớp mỏng do hiện tượng phá hủy hỗn hợp đồng hình ở nhiệt độ thấp gây ra. Cộng sinh với bocnit có chancopirit, chancozin nội sinh, galen, sfalerit, pirit, v.v...

Trong đới oxi hóa, bocnit dễ bị phá hủy tạo thành malachit, azurit, cuprit, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Màu đỏ đồng sẫm, hơi tím, sắc cầu vồng, độ cứng thấp.

Công dụng: Là loại quặng Cu rất quan trọng.

2- Nhóm tetraedrit

Các khoáng vật nhóm này gồm một loạt hỗn hợp đồng hình thuộc kiểu hợp chất $A_{12}B_4X_{13}$. Trong đó A chủ yếu là Cu, một số ít trường hợp là Ag, Zn, Fe hoặc Hg; B hoặc là As hoặc Sb, một phần là Bi; X là S. Hai cấu tử của loạt đồng hình là tetraeđrit và tenantit (còn gọi là quặng đồng xám) nhưng trong tự nhiên phân bố rộng rãi là những khoáng vật trung gian của loạt, tức là các khoáng vật $Cu_{12}(Sb,As)_4S_{12}$ với tỷ lệ As: Sb thay đổi. Các khoáng vật thuộc nhóm này có nhiều tính chất chung, do đó chỉ mô tả chung.

Tetraeđrit - tenantit: $Cu_{12}Sb_4S_{12} - Cu_{12}As_4S_{18}$

Thành phần hóa học: Cu – 45,77%; Sb – 29,22%:

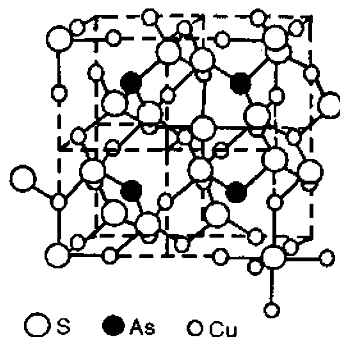
S – 25,01% (tetraedrit) hoặc Cu – 51,57%; As – 20,26%

S – 28,17% (tenantit). Zn, Fe, Ag, Hg và Ni, Co có thể thay thế đồng hình cho Cu.

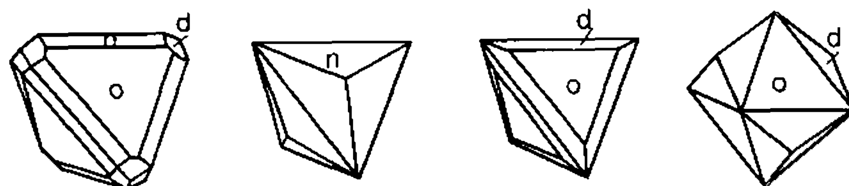
Bi có thể thay thể As và Sb.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng tứ diện sáu: $4L_33L_26P$. Nhóm không gian T_d^3 – $143m$; a_o = 10,196 Å . *Kiến trúc tinh thể*: rất phức tạp (H.10.25), giống như kiến trúc của sfalerit nhưng kích thước của ô mạng cơ sở lớn gấp đôi. Mỗi ô mạng cơ sở gồm 8 ô mạng cơ sở của sfalerit ghép lại.

Một nửa số tứ diện CuS_4 trong kiến trúc tinh thể của tetraedrit thì đỉnh thứ 4 không có lưu hoàng, tức là một nửa số ion Cu có số phối trí 4 và một nửa số ion Cu có số phối trí 3. Sb hoặc As bị 3 ion lưu hoàng bao quanh. *Hình dạng tinh thể:* Các tinh thể có hình tứ diện gồm các đơn hình {111}, {112} và {011} tạo thành (H.10.26). Thường gặp nhất là tập hợp đặc xít, khối hạt tản mạn.



Hình 10.25 *Kiến trúc tinh thể của tetraedrit*



Hình 10.26 *Các tinh thể của tetraedrit*

Tính chất vật lý: Màu xám thép đến màu đen sắt (loại có chứa nhiều Fe). Màu vết vạch giống màu khoáng vật. Ánh kim hoặc bán kim. Độ cứng 3 - 4 (tenantit cứng hơn tetraedrit). Dòn, không cát khai. Tỷ trọng 4,4 - 5,1 tetraedrit nặng hơn tenantit, loại có chứa Ag và Hg tỷ trọng càng lớn. Dẫn điện yếu.

Nguồn gốc và khoáng *sàng:* Tetraedirt rất phổ biến nhưng rất ít khi hình thành khoáng sàng lớn. Thường gặp chúng trong các loại khoáng sàng nhiệt địch cộng sinh với các loại sufua khác nhau.

Trong khoáng sàng chứa W, Au và Sb – Hg thường gặp tetraedrit, trong khoáng sàng của pirit thì lại thường gặp tenantit.

Thứ có chứa Ag đầu tiên tìm thấy trong khoáng sàng chì - kẽm. Thứ có chứa Zn thì tìm thấy trong khoáng sàng đồng - kẽm.

Những khoáng vật nhóm này nói chung thường gặp trong khoáng sàng đồng và chì - kẽm nhiệt dịch nhiệt độ trung bình, cộng sinh mật thiết với chancoprit, sfalerit, galen.

Khi khoáng sàng bị phong hóa, các khoáng vật này dễ bị phá hủy để thành các khoáng vật thứ sinh: covelin, malachit, azurit, limonit và các khoáng vật oxit của As và Sb.

Đặc điểm nhận biết: Các tinh thể hình tứ diện. Tinh dòn rõ. Trên than cho vết bám Sb_2O_3 và As_2O_3.

Công dụng: Tetraedrit không thành khoáng sàng độc lập lớn mà thường khai thác cùng với các sunfua Cu khác làm quặng Cu.

Chương 11

NHÁNH III - HALOGENUA

Nhánh này gồm những muối của các axit HF, HCl, HBr và HI. Hiđro ở đây được thay thế bởi các kim loại kiềm và kiềm thổ và cả Cu, Ag, Pb, Hg, Fe, Mn, v.v... (H.11.1).

	1 **H**																
2 He	3 **Li**	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 **F**										
10 Ne	11 **Na**	12 **Mg**	13 **Al**	14 Si	15 P	16 S	17 **Cl**										
18 Ar	19 **K**	20 **Ca**	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 **Mn**	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 **Cu**	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 **Br**
36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 **Y**	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 **Ag**	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 **I**
54 Xe	55 Cs	56 Ba	57-71 **TR**	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 **Hg**	81 Tl	82 **Pb**	83 **Bi**	84 Po	85 At
88 Rn	87 Fe	68 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U											

Hình 11.1 *Các nguyên tố có trong thành phần của halogenua (chữ đậm trong bảng Mendeleep)*

Số lượng chung của các khoáng vật trong nhánh này gần 120.

Người ta mới nghiên cứu kỹ các hợp chất không nước kiểu AX và AX_2 (trong đó A là kim loại, X là các halogen: Cl, Br, F, I). Chúng kết tinh trong tinh hệ lập phương. Các halogenua của kim loại nhẹ có mối liên kết dị cực (ion) còn halogenua của kim loại nặng có mối liên kết đồng cực (cộng hóa trị), vì kim loại nặng có tính chất phân cực mạnh. Thành phần của các halogenua kim loại thường có thêm nước và hiđroxin $(OH)^{1-}$.

Các halogenua của các kim loại nhẹ thường trong suốt không màu, tỷ trọng nhỏ, chiết suất thấp, dễ hòa tan trong nước. Còn các halogenua của các kim loại nặng có màu tự sắc, tỷ trọng cao, chiết suất lớn, khó hòa tan.

So với clorua, bromua và iodua thì các fluorua có độ cứng cao và chiết suất thấp hơn, độ nóng chảy và và độ sôi cao hơn. Độ cứng của các halogenua từ 1,5 - 2 (với các clorua kim loại kiềm và kiềm thổ) cho tới 5 (của xelait, MgF_2). Tỷ trọng từ 1,97 - 1,99 (của sinvin, KCl) tới 8,73 (telinhait, Hg_2OCl).

Trong tự nhiên, các fluorua thành tạo chủ yếu trong quá trình nhiệt dịch và pecmatit - khí hóa; còn clorua, bromua và iodua thành tạo chủ yếu trong các quá trình trầm tích tại các hồ nước mặn trong điều kiện khí hậu khô nóng, tạo thành những khối trầm tích rất lớn.

Các khoáng vật trong nhánh này có ý nghĩa thực tiễn rất lớn. Rất nhiều khoáng vật là những nguyên liệu quan trọng dùng trong các ngành công nghiệp hóa chất, thủy tinh, luyện kim và một số được sử dụng trong nông nghiệp. Halit (NaCl) rất quan trong trong đời sống loài người.

Theo nguồn gốc, người ta chia khoáng vật ở nhánh này thành hai lớp:

1- Lớp thứ nhất: Fluorua.

2- Lớp thứ hai: Clorua, Bromua, Iodua.

11.1 LỚP I: FLUORUA

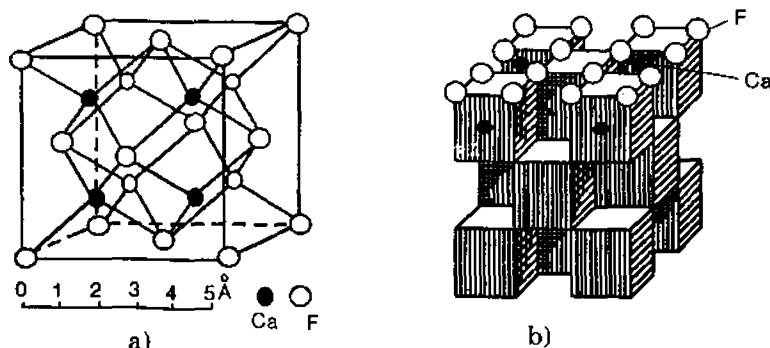
Lớp này có khoảng 20 khoáng vật, đó là những muối của axít HF; chủ yếu là các hợp chất của các kim loại kiềm và kiềm thổ, trong đó quan trọng nhất là fluorua canxi.

Các fluorua phổ biến nhất thường thấy trong các thể nhiệt dịch và hiếm hơn trong các chất hơi do núi lửa phun ra.

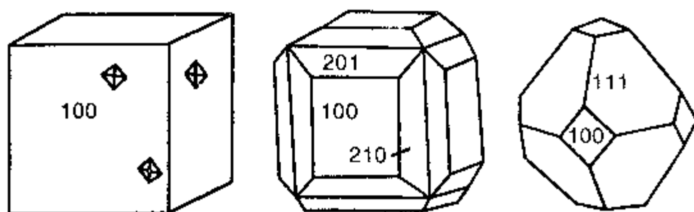
Fluorin - CaF_2

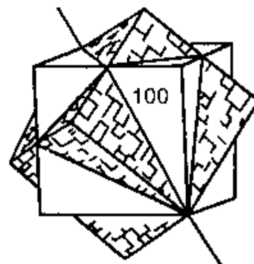
Thành phần hóa học: Ca: 51,2%; F: 48,8%; đôi khi có chứa Cl, Fe_2O_3, TR, U và các chất bitum. Ce và Y có thể thay thế Ca tới tỷ số (Ce, Y): Ca = 1: 6

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian: $O_h^5 - Fm3m$; a_o = 5,45 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Rất điển hình đối với loại hợp chất kiểu AX_2. Các ion fluo phân bố ở đỉnh của ô mạng lập phương. Ion canxi ở trung tâm của 8 ô mạng lập phương nhỏ (H.11.2).



Hình 11.2 *Kiến trúc tinh thể của fluorin*
a) Biểu diễn theo phối trí ion; b) Biểu diễn theo phối trí đa diện
(các ion F vòng trắng; các ion Ca chấm đen nằm chính giữa các lập phương)





Hình 11.3 *Các tinh thể của fluorin* ***Hình 11.4*** *Song tinh của fluorin*

Mỗi ion canxi có 8 ion flo bao quanh (số phối trí của canxi là 8) và mỗi ion flo có bốn ion canxi bao quanh (số phối trí của flo là 4). *Hình dạng tinh thể*: Tinh thể có hình lập phương và hiếm hơn là hình bát diện (H.11.3), trên các mặt của lập phương đôi khi có dạng gạch lát (H.11.4).

Thường có song tinh theo mặt (111) (H.11.4). Trong tự nhiên ta hay gặp các dạng tập hợp đặc xít, dạng đất và dạng tinh đám.

Tính chất vật lý: Màu vàng nhạt, lục, tím, xanh da trời, đôi khi không màu. Ánh thủy tinh. Độ cứng 4. Dòn, cát khai hoàn toàn theo mặt (111). Tỷ trọng 3,18. Khi nung nóng thì phát quang, chiếu tia âm cực vào fluorin có ánh sáng tím phớt lục.

Nguồn gốc khoáng sàng: Fluorin có nguồn gốc chủ yếu là nhiệt dịch thường đi cùng các khoáng vật khác như thạch anh, canxit, barit và cả galen, sfalerit.

Có mặt trong một vài loại đá trầm tích nhưng không nhiều.

Có nguồn gốc khí hóa, trong greizen.

Đặc điểm nhận biết: Dựa vào hình dạng tinh thể, tính cát khai, ánh thủy tinh và độ cứng, chú ý phân biệt thạch anh, tôpa, canxit, muối ăn.

Ở Việt Nam fluorin có ở Phia Oắc, màu tím phớt lục, có tinh thể lớn tới tới 5 - 6cm. Ở Xuân Lãnh (Phú Yên) thấy fluorin dạng khối, hạt nửa tự hình màu xanh, lục nhạt, tím nằm trong tổ hợp của các thành tạo nhiệt dịch cùng với thạch anh, canxit.

Những khoáng sàng lớn trên thế giới ở Anh, Mỹ, Kazactan, Ukraina, Zabaican (Nga).

Công dụng: Dùng trong kỹ nghệ hóa học, luyện kim, làm men đồ sứ. Loại trong suốt dùng làm dụng cụ quang học.

11.2 LỚP II: CLORUA - BROMUA - IODUA

Lớp này khoảng 100 khoáng vật, là những muối của các axít HCl, HBr và HI.

Trong lớp này, các clorua phổ biến nhất trong tự nhiên. Các cation chính tạo thành hợp chất với clo là natri, kali, magie, một phần rubiđi và xezi. Các hợp chất clorua có mối liên kết ion điển hình, chủ yếu được thành tạo bằng cách trầm tích trong các hồ nước mặn bị khô đi và thường thành những khối tập trung khá lớn, người ta đã tính toán thấy rằng 75% toàn bộ clo trong vỏ Trái Đất được tập trung trong nước biển.

Các hợp chất với brom rất hiếm, vì khối chính của brom ở trạng thái phân tán thành những hỗn hợp đồng hình trong các clorua kim loại nhẹ. Ta chỉ thấy bromua bạc trong đới oxi hóa của các khoáng sàng sunfua chứa bạc, nhưng cũng rất hiếm gặp.

Các iođua cũng hiếm; iot cũng ở trạng thái phân tán thành những hỗn hợp đồng hình trong các clorua kim loại, lượng iot có nhiều hơn là ở trong rong biển, trong lớp nước của mỏ dầu và trong những chất phun ra từ núi lửa. Các khoáng vật iođua rất dễ hoà tan trong nước vì vậy chúng chỉ tập trung trong các miền khí hậu sa mạc khô.

Halit - NaCl

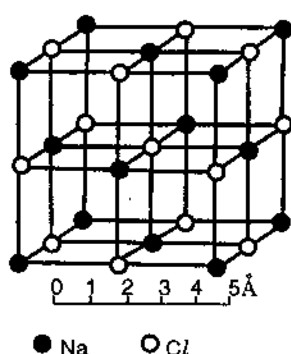
Tên gọi từ chữ Hi Lạp "hala" nghĩa là muối.

Thành phần hóa học : Na - 39,4%; Cl: 60,6%. Thường chứa những hỗn hợp cơ học: nước, bọt khí, sét, hữu cơ, thạch cao, v.v...

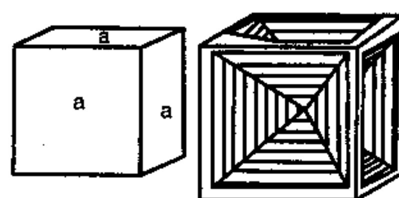
Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Nhóm không gian $O_h^5 - Fm3m$; a_o = 5,6287 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Các anion clo chồng khít lập phương, tất cả các hổng bát diện đều có cation natri. Các ion natri và clo xếp xen kẽ nhau ở các góc lập phương nhỏ. Số phối trí của cả hai ion là 6 tức là mỗi ion natri có 6 ion clo bao bọc và mỗi ion clo cũng có 6 ion natri bao bọc (H.11.5).

Hình dạng tinh thể: Tinh thể thường có dạng lập phương đôi khi có dạng bát diện (H.11.6).

Thường gặp các dạng tập hợp khối hạt kết tinh đặc xít hoặc bở rời hoặc thành lớp, dạng tinh đám.



Hình 11.5 *Kiến trúc tinh thể của halit*



Hình 11.6 *Các tinh thể halit*

Tính chất vật lý: Trong suốt, không màu, hoặc có màu trắng. Khi lẫn các tạp chất thì có nhiều màu khác nhau: xám, vàng, đỏ, nâu, đen,... Ánh thủy tinh. Độ cứng 2. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo lập phương. Tỷ trọng 2,1 - 2,2. Có tính dẫn điện yếu, nhưng dẫn nhiệt cao. Dễ hòa tan trong nước, tới 35% ở nhiệt độ thường. Vị mặn

Nguồn gốc và khoáng sàng: khối chính của halit hòa tan trong nước, thành tạo trong điều kiện ngoại sinh từ các hồ nước mặn bị khô đi, trong các vũng biển, các vịnh cạn đi trong điều kiện khô nóng, thường halit lắng đọng cùng với các muối khác.

Trong những trầm tích lắng đọng từ các thời đại địa chất cổ xưa, halit có dạng khối đặc xít nằm thành lớp giữa các lớp đá trầm tích. Các lớp có thể bị biến dạng uốn nếp phức tạp.

Người ta cũng thấy muối đọng ở các miệng núi lửa, là sản phẩm thăng hoa của các chất phun trào tạo thành những lớp đọng nhỏ và có chứa KCl.

Đặc điểm nhận biết: Vị mặn, dễ hòa tan trong nước, cát khai hoàn toàn, độ cứng thấp.

Nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi bị nứt ra và làm cho ngọn lửa có màu vàng.

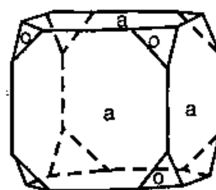
Những mỏ muối lớn nhất trên thế giới có ở Ba Lan, Nga, Ấn Độ, Trung Quốc, Đức. Lào có mỏ muối ở Sêpôn, nằm cùng với các lớp thạch cao.

Công dụng: Halit là muối ăn quan trọng trong đời sống. Dùng trong công nghiệp hóa chất chế HCl, NaOH, Cl_2,..., natri kim loại, dùng trong nhiều lĩnh vực khác nhau (dệt, luyện kim, điện kỹ thuật, ...).

Sinvin - KCl

Thành phần hóa học: K: 52,5%; Cl: 47,5%. Thường có chứa các bao thể.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h^5 - Fm3m$; a_o = 6,278 Å. *Kiến trúc tinh thể:* giống halit, nhưng ô mạng cơ sở lớn hơn của halit. *Hình dạng tinh thể*: Tinh thể có dạng lập phương có mặt phụ bát diện ở góc (H.11.7), có thể có song tinh theo (111).



Hình 11.7 *Tinh thể sinvin a(100); o(111)*

Thường thành khối đặc xít, đôi khi có cấu tạo dạng lớp.

Tính chất vật lý: Trong suốt không màu, lẫn tạp chất có thể có màu trắng sữa, đỏ hồng. Ánh thủy tinh. Độ cứng 1,5 - 2. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo (100).

Tỷ trọng 1,97 - 1,99 (nhỏ hơn halit). Dễ hòa tan trong nước. Vị mặn chát.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thành tạo trong các hồ nước mặn bị khô đi, nhưng hiếm hơn halit nhiều. Nó là khoáng vật kết tinh sau nên thường gặp ở phía trên của các khoáng sàng muối.

Sinvin cũng là sản phẩm thăng hoa đọng ở các vách và khe của dung nham núi lửa.

Đặc điểm nhận biết: Giống halit, phân biệt với halit do độ mặn chát.

Trên thế giới những nơi có nhiều sinvin là Solikam (Nga), Thanh Hải (Trung Quốc) và Califocnia (Mỹ).

Công dụng: Chế phân bón kali và dùng trong công nghiệp hóa chất, chế các hợp chất kali dùng trong y học, thuốc ảnh và các hương phẩm v.v...

Chương 12

NHÁNH IV - OXIT VÀ HIDROXIT

Những khoáng vật thuộc nhánh này là những hợp chất đơn giản nhất của kim loại và á kim với oxi và hidroxin. Chúng chiếm 17% trọng lượng vỏ Trái Đất, trong đó riêng hợp chất của silic chiếm tới 12,6%. Người ta đã biết tới 150 khoáng vật, trong đó gần 50 khoáng vật là hợp chất với sắt (H.12.1).

	1 H																
2 He	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F										
10 Ne	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl										
18 Ar	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br
36 Kr	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I
54 Xe	55 Cs	56 Ba	57-71 TR	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At
86 Rn	87 Fe	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U											

Hình 12.1 *Các nguyên tố tạo thành các oxit và hidroxit (chữ đậm nét)*

Có trên 40 nguyên tố có hợp chất với oxi.

Hầu hết các khoáng vật trong nhánh này đều có kiến trúc tinh thể với mối liên kết ion. Trong kiến trúc tinh thể có các anion O^{2-} và $(OH)^{1-}$, bán kính của hai anion này gần bằng nhau (khoảng 1,36), vì vậy kiến trúc tinh thể phụ thuộc vào tính chất của cation và số phối trí của chúng.

Do kiến trúc tinh thể có mối liên kết vững chắc thể hiện ái lực mạnh mẽ của các kim loại với oxi nên các khoáng vật của nhánh này vững bền về mặt hóa học và lý học, chúng chỉ hòa tan trong axit đậm đặc, rất khó nóng chảy, độ cứng của cả oxit và hiđroxit đều cao (từ 6 - 9), chiết suất và tỷ trọng lớn.

Bảng 12.1 *Số phối trí của những cation chính trong tự nhiên*

Số phối trí	Các cation
4	Be^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Co^{2+}, Si^{4+}
6	Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}, Ti^{4+}, Sn^{4+}
	Zr^{4+}, Ta^{5+}, Nb^{5+}
8	Zr^{4+}, Th^{4+}, U^{4+}
12	Ca^{2+}, Na^{1+}, Y^{3+}, Ce^{3+}, La^{3+}

Trừ oxit và hiđroxit Mg, Al, các khoáng vật nhánh này đều có màu sẫm đến đen với ánh bán kim, nhiều khoáng vật có từ tính.

Phần chính của oxit và hiđroxit tập trung ở phần trên của vỏ Trái Đất, tại miền tiếp xúc với khí quyển có chứa oxi tự do. Vỏ phong hóa của các đá và đới oxi hóa của các khoáng sàng quặng là nơi xảy ra các phản ứng hóa học tạo thành oxit và hiđroxit. Khi bị biến chất các hiđroxit biến thành những oxit không nước có dạng tập hợp hạt kết tinh.

Trong nhánh này có một số khoáng vật thành tạo trong điều kiện nội sinh như thạch anh (SiO_2), rutin (TiO_2), caxiterit (SnO_2), corinđon (Al_2O_3), hematit (Fe_2O_3) v.v... đó chính là oxit của các nguyên tố mà khi muối của chúng bị thủy phân thì tạo nên những hiđroxit không hòa tan trong nước.

Các khoáng vật nhánh này chia làm hai lớp:

Lớp 1: các oxit

Lớp 2: các hiđroxit

12.1 LỚP I: OXIT

Lớp này gồm cả những oxit có thành phần đơn giản hoặc phức tạp. Phần lớn các khoáng vật có kiến trúc tinh thể tương đối đơn giản, chỉ có nhóm thạch anh có kiến trúc phức tạp (vì vậy có nhiều tác giả xếp thạch anh vào lớp silicat).

Tỷ lệ giữa cation và anion trong các khoáng vật thay đổi từ 2:1 (kiểu A_2X, ví dụ cuprit Cu_2O) đến 1:2 (kiểu AX_2, ví dụ: caxiterit SnO_2, rutin TiO_2)

Trong các oxit phức tạp có nhiều cation, tỷ lệ giữa các cation thường là 1: 1 (ví dụ: inmenit $FeTiO_3$) và 1: 2 (*ví dụ* spinen $MgAl_2O_4$). Chỉ có một số rất ít khoáng vật có những tỷ lệ phức tạp hơn.

1- Nhóm corinđon - inmenit

Nhóm này gồm những biến thể đa hình của oxit nhôm và sắt có công thức kiểu A_2O_3 (Al_2O_3, Fe_2O_3, ...) và cả các oxit kép của magie, sắt, mangan và titan có công thức kiểu ABO_3 ($FeTiO_3$, ...). Trong nhóm này chúng ta thấy phổ biến 3 khoáng vật corinđon, hematit và inmenit. Chúng đều kết tinh trong hệ ba phương và cùng kiểu kiến trúc với corinđon. Ở nhiệt độ cao hematit (Fe_2O_3) và inmenit ($FeTiO_3$) tạo thành những dung dịch cứng liên tục, khi nguội bị phá hủy.

Những khoáng vật của nhóm này thành tạo trong điều kiện nhiệt độ cao và thường là khoáng vật phụ trong đá macma.

Corinđon - Al_2O_3

Tên gọi chưa biết nguồn gốc rõ ràng. Hợp chất Al_2O_3 có ba biến thể đa dạng sau:

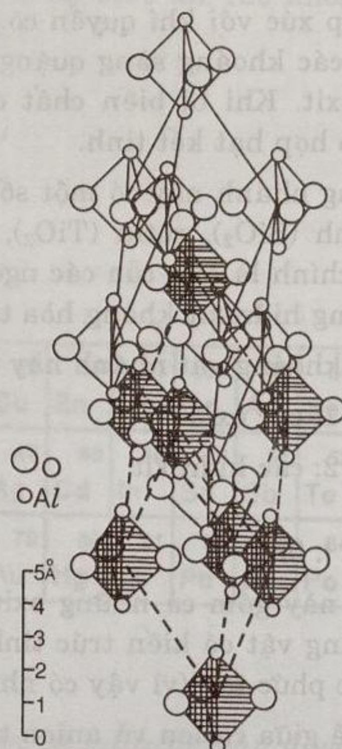
α - Al_2O_3: Corinđon, tinh hệ ba phương, thành tạo trong khoảng nhiệt độ từ 500 - 1500°C là biến thể vững bền nhất trong tự nhiên.

β - Al_2O_3: Tinh hệ sáu phương, chỉ vững bền ở nhiệt độ rất cao. Từ 1500 - 1800°C, α - Al_2O_3 có thể biến thành β - Al_2O_3 nhưng trong điều kiện là chất nóng chảy nguội lạnh từ từ.

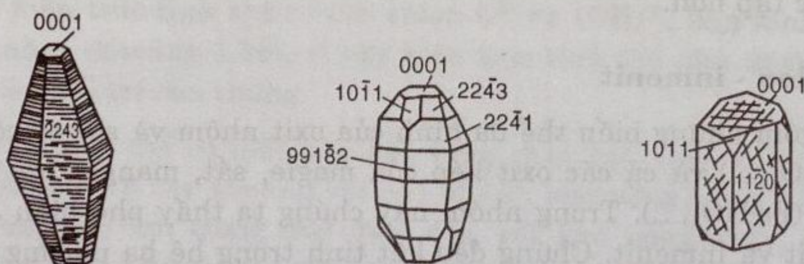
γ - Al_2O_3: Tinh hệ lập phương, có thể điều chế nhân tạo bằng cách nung hiđrat oxit nhôm AlO(OH) tới nhiệt độ gần bằng 950°C. Ở đây chỉ mô tả corinđon, tức α - Al_2O_3.

Thành phần hoá học: Al: 52,2%; O: 47,8 % có thể lẫn Cr, Fe, Ti làm cho corinđon có nhiều màu khác nhau.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng khối tam giác lệch ba phương kép: L_33L_23PC. Nhóm không gian D_{3d}^6 - $R3c$; $a_o = 4{,}76\,\text{Å}$; $c_o = 13{,}01\,\text{Å}$. *Kiến trúc tinh thể:* Trong mạng tinh thể các nhóm Al_2O_3 xếp ở các đỉnh của khối mặt thoi ba phương, là ô mạng cơ sở. Các cation Al xếp theo hình lục giác và chiếm 2/3 số hổng bát diện (H.12.2). *Hình dạng tinh thể:* tinh thể có dạng hình trống, trụ, tháp đôi, dạng tấm. Những đơn hình thường gặp là lăng trụ ba phương kép {1120}, tháp đôi ba phương kép {2241}, {2243}, khối mặt thoi {1011}và song diện {0001}. Trên các lăng trụ thường thấy những sọc chéo (H.12.3). Corinđon thường phân bố tản mạn trong đá, đôi khi ở dưới dạng tập hợp hạt đặc xít.

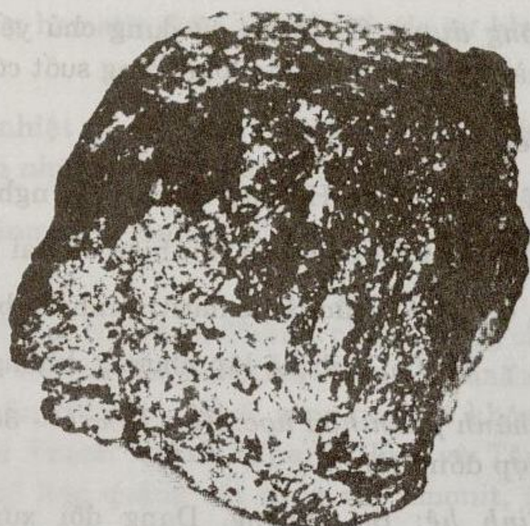


Hình 12.2 *Kiến trúc tinh thể của corindon vẽ theo các nhóm Al_2O_3*



Hình 12.3 *Các tinh thể corindon*

Tính chất vật lý: Màu xanh hoặc xám vàng, tuỳ theo màu sắc mà có tên gọi khác nhau saphir: xanh lam (lam ngọc); ruby: đỏ, tím (hồng ngọc) (H.12.4); lơcosaphir: không màu. Ánh thủy tinh không cát khai. Độ cứng 9. Tỷ trọng 3,95 - 4,10.



Hình 12.4 *Ruby (màu sẫm) trong đá hoa (màu trắng) ở mỏ Tân Hương (Việt Nam)*

Nguồn gốc khoáng sàng: Corinđon thường thấy trong các đá macma sâu giàu nhôm, nghèo silic. Những khoáng sàng corinđon có giá trị công nhiệp nằm trong pecmatit sienit. Nó cũng là sản phẩm biến chất khí hoá nhiệt dịch của các đá phun trào axit do các đá xâm nhập axit trẻ gây ra. Các mỏ corindon nguồn gốc biến chất trao đổi được thành tạo trong đá vôi kết tinh tiếp xúc với các đá phun trào.

Trong điều kiện biến chất khu vực, corinđon có thể được tạo thành từ các trầm tích sét và bauxit.

Corinđon là một khoáng vật rất vững bền, vì vậy gặp nó trong sa khoáng.

Trong quá trình biến chất corinđon bị biến thành các khoáng vật khác có chứa nhôm (macgarit, silimanit, đisten).

Đặc điểm nhận biết: Dựa vào hình dạng tinh thể, các vết khía trên mặt, độ cứng cao và thường có màu xám xanh. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi, không hòa tan trong axit. Có thể nhầm lẫn ruby với spinen màu đỏ; phân biệt theo hình dạng tinh thể. Trong những khối đặc xít chỉ nhận biết được dưới kính hiển vi. Đôi khi có thể nhầm lẫn với đisten ($Al_2[SiO_4]O$), nhưng corinđon không có cát khai và độ cứng cao hơn.

Ở Việt Nam corindon gặp ở nhiều nơi, chúng có liên quan với các đá giàu nhôm bị biến chất khu vực như Quỳ Hợp, Quỳ Châu (Nghệ An), hoặc là sản phẩm biến chất trao đổi skacnơ giữa granit biotit và đá cacbonat giàu magie như ở Lục Yên (Yên Bái). Ở những địa danh này đã phát hiện các mỏ ruby (hồng ngọc) nổi tiếng và đã khai thác nhiều tinh thể có giá trị, trong đó có viên ruby nặng 10.800 cara được giữ lại làm báu vật quốc gia (mỏ Tân Hương - Yên Bái). Saphir (lam ngọc) gặp ở nhiều địa phương có liên quan với các phun trào bazan kiềm Kainozoi. Chúng tạo thành các vùng tích tụ sa khoáng có giá trị công nghiệp: Tiên Cô, Sa Võ, Sơn Điền (Lâm Đồng), Đắc Nông (Đắc Lắc), Đak Long (Kon Tum), Đá Bàn (Bình Thuận).

Trên thế giới các mỏ ruby, saphir nổi tiếng nằm ở các nước Đông Nam Á như mỏ rubi Mogok (Mianma), mỏ Pailin (Campuchia). Viên saphir lớn nhất thế giới nặng 35.000 cara tìm thấy ở Kanchananabury (Thái Lan). Ấn Độ và Xrilanka cũng có nhiều mỏ ruby đang khai thác.

Công dụng: Corinđon sử dụng chủ yếu làm vật liệu mài, chế tạo các đĩa mài, bàn mài, giấy nhám. Các loại trong suốt có màu đẹp dùng làm ngọc.

Hematit - Fe_2O_3

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "haima" có nghĩa là máu, vì màu bột của nó đỏ như máu.

Hợp chất Fe_2O_3 trong tự nhiên có hai biến thể:

1. α - Fe_2O_3 (tức là hematit): tinh hệ ba phương, vững bền trong tự nhiên.

2. γ - Fe_2O_3: tinh hệ lập phương, không vững bền.

Thành phần hóa học: Fe - 70%; O - 30%, đôi khi có chứa Ti và Mg ở trạng thái hỗn hợp đồng hình.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng khối tam giác lệch ba phương kép: L_33L_23PC. Nhóm không gian $D_{3d}^{3} - R3c$; $a_o = 5{,}029\,\text{Å}$, $c_o = 13{,}73\,\text{Å}$. *Kiến trúc tinh thể* tương tự corinđon. *Hình dạng tinh thể*: Có dạng tấm, khối mặt thoi hay tinh thể dẹt, các đơn hình thường gặp là khối mặt thoi {1011}, song diện {0001}, tháp đôi lập phương {2243} (H.12.5).

Thường thành khối ẩn tinh đặc xít, dạng lá, dạng vẩy hoặc có hình thận lớn với cấu tạo dạng thận phóng tỏa; trường hợp hematit có dạng lá, dạng vẩy thì gọi là specularit, nếu là giả hình của hematit theo manhetit thì gọi là mactit.



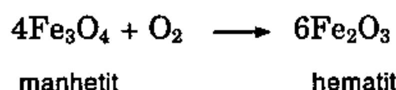
Hình 12.5 *Các tinh thể hematit* $n\{22\overline{4}3\}$, $r\{01\overline{1}1\}$, $s\{02\overline{2}1\}$, $c\{0001\}$

Tính chất vật lý: Màu hematit kết tinh là đen sắt tới xám thép còn hematit dạng đất có màu đỏ tươi. Vết vạch đỏ rượu vàng hay đỏ máu. Ánh bạch kim. Độ cứng 5,5 - 6. Dòn. Không cát khai. Tỷ trọng 5 - 5,2.

Nguồn gốc khoáng sàng: Hematit được thành tạo trong điều kiện oxi hóa với nhiều kiểu khoáng sàng có nguồn gốc khác nhau.

Có rất ít trong macma, là khoáng vật tương đối hiếm trong pecmatit.

Trong một vài khoáng sàng nhiệt dịch, nó thành khối tương đối lớn. Thường nó bị khử oxi biến thành manhetit. Nhưng cũng có chỗ ngược lại, có hiện tượng *mactit hóa*, biến manhetit thành hematit:



Là sản phẩm của sự bốc hơi núi lửa, đọng thành vết bám ở thành miệng núi lửa. Theo sự quan sát của Braygom năm 1817 trong một khe núi lửa Vêduvơ, chỉ trong 10 ngày đọng một lớp hematit dày 1mét. Nguồn gốc này có thể biểu diễn bởi phản ứng sau:



Trong vỏ phong hóa với khí hậu nóng hematit được tạo thành do sự khử nước hiđroxit sắt.

Trong quá trình biến chất khu vực ở nhiệt độ cao và áp suất cao, những khoáng sàng quặng sắt nâu bị khử nước tạo thành những khối hematit lớn.

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với inmenit, manhetit, gơtit, do vết vạch màu đỏ. Độ cứng cao, hoà tan chậm trong HCl.

Ở nước ta có ở khu mỏ sắt Trại Cau (Thái Nguyên). Thành phần quặng chủ yếu là manhetit, ít hơn có hematit cộng sinh với các sunfua. Kiểu quặng hematit nhiệt dịch còn gặp ở các khu vực Vạn Yên, Sơn La, Yên Bái, Huế, song quy mô không lớn. Trong kiểu mỏ sắt nguồn gốc trầm tích ở Thạch Thành (Thanh Hoá) và Tân Lâm (Quảng Trị), hematit cũng có mặt trong tổ hợp quặng sắt cùng với limonit, ít pirit và siderit.

Trên thế giới hematit có ở Ukraina, Kursk (Nga), Hồ Thượng (Mỹ), Rumani.

Công dụng: Là quặng chính của sắt, hàm lượng công nghiệp tối thiểu là Fe không được nhỏ hơn 46-50%. Loại hematit dạng bột không lẫn tạp chất dùng để chế tạo màu, bút chì màu, pha sơn chống xâm thực của nước biển và chống ăn mòn của không khí.

Inmenit - $FeTiO_3$

Tên gọi từ chữ "Inmenski", đó là tên ngọn núi thuộc dãy núi Uran, nơi tìm thấy inmenit lần đầu tiên.

Thành phần hóa học: Fe: 36,8%; Ti: 31,6%; O:31,6%. Có chứa những hỗn hợp đồng hình của Mg và Mn.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng khối mặt thoi: L_3C. Nhóm không gian $C_{3i}^2 - R_{\bar{3}}$; $a_o = 5{,}083\,\mathring{A}$; $c_o = 14{,}04\,\mathring{A}$. *Kiến trúc tinh thể*: Tương tự của corinđon, vị trí của Al được thay thế bằng Fe và Ti, do đó tính đối xứng của mạng tinh thể bị hạ thấp.

Dạng tinh thể: Tinh thể thường có dạng tấm dày, đôi khi có dạng vảy. Các đơn hình thường gặp là song diện $\{000\bar{1}\}$, khối mặt thoi $\{10\bar{1}\bar{1}\}$, $\{02\bar{2}\bar{1}\}$, $\{22\overline{43}\}$ $\{2243\}$.

Thường thành dạng hạt méo mó tản mạn, ít khi thành khối đặc xít, hiếm thấy dạng tinh thể đẹp.

Tính chất vật lý: Màu đen sắt. Vết vạch đen, đôi khi nâu hay đỏ nâu. Ánh bán kim. Không cát khai. Độ cứng 5 - 6. Dòn. Tỷ trọng 4,72. Có từ tính trung bình.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong đá bazơ dưới dạng hạt nhỏ tản mạn. Người ta cũng đã thấy những khoáng sàng inmenit có nguồn gốc pecmatit, nhiệt dịch có liên quan với đá kiềm.

Inmenit là khoáng vật vững bền, nên có thể tạo thành những khoáng sàng sa khoáng.

Trong các đá macma bị tác dụng nhiệt dịch, inmenit biến đổi thành lơcoxen.

Inmenit thường cộng sinh với manhetit, sfen, rutin.

Đặc điểm nhận biết: Giống hematit, phân biệt bởi hình dạng tinh thể, màu vết vạch và có từ tính. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Hòa tan rất ít trong HCl đậm đặc và nóng.

Ở Việt Nam inmenit có nguồn gốc macma được tìm thấy ở mỏ Cây Châm (Thái Nguyên) liên quan chặt chẽ với xâm nhập gabro phức hệ Núi Chúa. Quặng tạo thành ổ hoặc xâm tán trong đá gabronorit phân bố bên trong hoặc rìa khối xâm nhập.

Dọc bờ biển nước ta rất phổ biến inmenit có nguồn gốc sa khoáng biển. Các mỏ titan có giá trị công nghiệp tập trung trong dải sa khoáng ven biển từ Nghệ An đến Bình Thuận. Mỏ Cửa Hội (Nghệ An), Cẩm Nhượng, Kỳ Khang (Hà Tĩnh), Lý Hòa (Quảng Bình), Cửa Việt (Quảng Trị), ven biển Quảng Điền - Phú Lộc (Huế), Sông Cầu (Phú Yên); Các mỏ Chùm Găng, Vĩnh Thạnh, Cát Khánh, Hàm Tân, Thiện Ái, Mũi Né dọc theo bờ biển Ninh Thuận - Bình Thuận đều là các mỏ sa khoáng titan quy mô vừa và nhỏ. Thành phần quặng chủ yếu là inmenit, ziacon, monazit và rutin.

Trên thế giới khoáng sàng lớn nhất ở Na Uy, những tinh thể lớn của inmenit tìm thấy ở Inmenski (Nga) và trong mỏ Xen - Kristov (Pháp).

Công dụng: Là quặng titan, dùng chế oxit titan và luyện thép ferotitan. Titan còn được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp khác nhau.

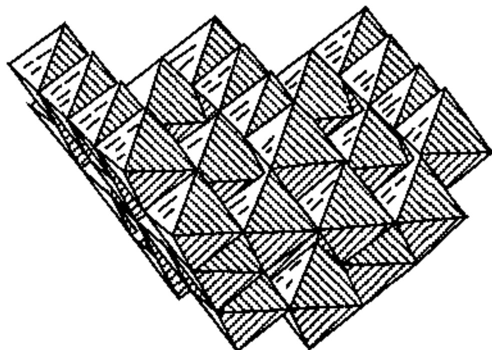
2- Nhóm spinen

Những khoáng vật thuộc nhóm này là những oxit kép có công thức kiểu:

$R^{2+}O.\ R_2^{3+}O_3$ với R^{2+} là Mg^{2+}; Fe^{2+} đôi khi là Zn^{2+}, Mn^{2+}, Be^{2+} và rất hiếm trường hợp là Ni^{2+}, Co^{2+}; còn R^{3+} là Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+} và Mn^{3+}.

Phần lớn các khoáng vật kết tinh trong tinh hệ lập phương, chỉ có một số ít kết tinh trong tinh hệ bốn phương.

Kiến trúc tinh thể của các khoáng vật nhóm này rất phức tạp, các ion oxi xếp chồng khít theo các mặt song song với bát diện, các cation hoá trị 2 có bốn ion oxi xung quanh, còn các cation hoá trị 3 có sáu ion oxi xung quanh (H.12.6).



Hình 12.6 *Kiến trúc tinh thể của spinen*

Như vậy cứ mỗi ion oxi liên kết một cation hoá trị 2 và ba cation hoá trị 3.

Do đó, kiến trúc có đặc điểm là kết hợp các nhóm kiến trúc tứ diện và bát diện. Mỗi góc chung có một tứ diện và ba bát diện.

Đặc điểm kiến trúc đó giải thích các tính chất khoáng vật như đẳng hướng về quang học, không cát khai, tính bền vững về hóa học và nhiệt học, độ cứng cao, v.v...

Trong nhóm này chúng ta thấy có ba khoáng vật phổ biến là spinen, manhetit và cromit.

Spinen - $MgAl_2O_4$

Thành phần hoá học: MgO: 28,2 %; Al2O3: 71,8 % thường có chứa hỗn hợp Fe_2O_3, FeO, v.v... do đó spinen có màu lục và màu nâu hoặc đen.

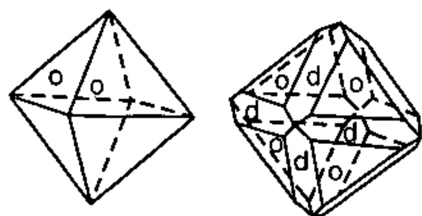
Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu $3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Nhóm không gian $O_h^7 - Fdm3$; $a_o = 8{,}86\,\text{Å}$. *Dạng tinh thể*: Có dạng bát diện; tinh thể thường nhỏ, đôi khi khá lớn tới 25cm (H.12.7).

Thường gặp song tinh theo "luật spinen": Mặt ghép song tinh là mặt bát diện (111) (H.12.8).

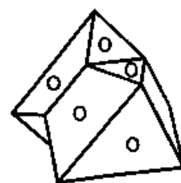
Tính chất vật lý: Nhiều màu khác nhau như đỏ máu, phớt tím hay vàng, màu vàng, xanh, lục, đôi khi không màu. Ánh thủy tinh. Độ cứng 8. Cát khai theo (111) không hoàn toàn. Tỷ trọng 3,5 - 3,7.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Hay gặp trong biến chất tiếp xúc trao đổi, trong điều kiện khí hóa nhiệt dịch, tiếp xúc với đá vôi và đolomít. Ta cũng có thể thấy trong đá macma và pecmatit, đôi khi có ở trong các đá biến chất sâu (gơnai và đá phiến kết tinh).

Spinen thường cộng sinh với manhetit, granat, piroxen, clorit v.v.... Spinen là khoáng vật khá vững bền, nên ta thấy trong sa khoáng.



Hình 12.7 *Tinh thể spinen o{111}, d{110}*



Hình 12.8 *Song tinh theo luật spinen*

Đặc điểm nhận biết: Tinh thể dạng bát diện, độ cứng cao, không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Phân biệt với corinđon bằng tính chất quang học (corinđon dị hướng); phân biệt với granat bởi dạng tinh thể, độ cứng cao.

Trên thế giới spinen có ở Uran, Zabaican (Nga), Xrilanca, Thái Lan, Apganistan và Bắc Mianma.

Công dụng: Dùng làm những loại ngọc quý, làm đồ trang sức.

Manhetit - $FeFe_2O_4$

Nguồn gốc của tên gọi chưa biết rõ, một số nhà nghiên cứu cho rằng đó là tên núi Manhexia ở Tiểu Á, một số khác cho rằng đó là tên người đầu tiên tìm thấy khoáng vật này.

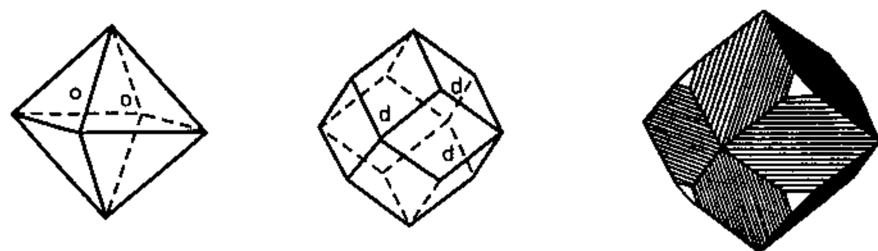
Thành phần hóa học: FeO: 31%, Fe_2O_3: 69%, với tỷ lệ Fe: 72,4%. Có chứa TiO_2 tới 25% gọi là titanmanhetit. Có chứa Cr_2O_3 gọi là crommanhetit.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng tám mặt sáu: $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O_h^7 - Fd3m$; $a_o = 8{,}374\,\mathring{A}$. *Kiến trúc tinh thể*: Giống spinen.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể có dạng bát diện và dạng 12 mặt thoi (H.12.9). Thường gặp những dạng tập hợp đặc xít và dạng phân tán. Song tinh theo (111).

Tính chất vật lý: Màu đen sắt đến xám thép. Vết vạch đen. Ánh bán kim. Độ cứng 5,5 - 6. Không cát khai. Tỷ trọng 4,9 - 5,2.

Có từ tính mạnh, nung lên đến 580°C từ tính biến mất nhưng để nguội lại xuất hiện.



Hình 12.9 *Tinh thể manhetit o{111}; d{110}*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Manhetit thành tạo trong điều kiện khử oxi với những nguồn gốc khác nhau.

Trong đá macma: Ở trạng thái xâm tán trong đá bazơ, ta cũng thấy manhetit trong pecmatit và trong các mạch nhiệt dịch.

Trong các thành tạo tiếp xúc trao đổi giữa đá vôi và đá macma trung tính, axit, manhetit có thể thành tạo thành những khoáng sàng lớn đi cùng với các khoáng vật granat, piroxen, clorit...

Trong điều kiện biến chất khu vực hiđroxit sắt bị khử nước tạo thành những lớp quặng manhetít và hematit rất lớn nằm trong các đá trầm tích.

Ngoài ra, người ta còn gặp các loại quặng manhetit nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ cao.

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với hematit, granat, cromit bởi màu vết vạch và từ tính mạnh. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi, bột hòa tan chậm trong HCl.

Trên lãnh thổ Việt Nam, manhetit thường gặp trong các mỏ sắt có nguồn gốc khác nhau. Mỏ sắt Thạch Khê (Hà Tĩnh) có nguồn gốc skacnơ, quặng nguyên sinh gồm manhetit là chủ yếu. Ngoài ra còn gặp cả pirit, sfalerit, acsenpirit, chancozin, rutin.

Kiểu manhetit nhiệt dịch phân bố ở Trại Cau (Thái Nguyên) rất đặc trưng bởi tổ hợp manhetit, hematit cộng sinh với các sunfua Cu, Pb, Zn và pirit. Thuộc nguồn gốc trầm tích phun trào có dải quặng manhetit vùng Tòng Bá (Hà Giang).

Trong quặng sắt nguồn gốc biến chất ở vùng Làng Mị - Hưng Khánh (Yên Bái) chủ yếu có hai loại: quaczit manhetit và quaczit manhetit - amfibon. Ngoài ra cũng cần kể đến mỏ sắt Bảo Hà mà thành phần quặng chủ yếu là manhetit - hematit đi cùng pirit, pirotin.

Công dụng: Là quặng sắt quan trọng. Hàm lượng công nghiệp tối thiểu là Fe trong quặng phải đạt tới 45 - 50%. Những chất có hại là P, S.

Cromit - $FeCr_2O_4$

Cromit là một khoáng vật trong nhóm cromspinelit có công thức chung (Mg, Fe) $(Cr, Al, Fe)_2O_4$. Tất cả các khoáng vật trong nhóm này có tính chất rất giống nhau chỉ phân biệt được nhờ phân tích hóa học.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu: $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian $O - Fd3m$; a_o = 8,305. *Kiến trúc tinh thể:* Giống spinen. *Hình dạng tinh thể:* Tinh thể có dạng bát diện, kích thước nhỏ. Hiếm gặp tinh thể đẹp, thường có dạng hạt méo mó và dạng tập hợp đặc xít.

Tính chất vật lý: Màu đen,vết vạch nâu. Ánh kim. Độ cứng 5,5 - 7,5. Không cát khai. Tỷ trọng 4,0 - 4,8. Có từ tính yếu, càng giàu oxit sắt từ tính càng tăng.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong đá macma siêu bazơ (*đunit, periđotit, secpentinit*) dưới dạng hạt tản mạn hoặc khối đặc xít. Thường cộng sinh với secpentin, olivin, clorit chứa crom, granat, vezuvian, piroxen và các khoáng vật của bạch kim.

Cromit là khoáng vật vững bền trong điều kiện phong hóa, vì vậy có thể tạo thành những mỏ sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Màu đen, vết vạch nâu, độ cứng cao. Thường thấy trong đá siêu bazơ. Axit không có tác dụng.

Ở nước ta hiện mới biết hai điểm quặng gốc ở Núi Nưa, Làng Mun (Cổ Định - Thanh Hóa). Cromit xâm tán trong đá siêu bazơ (*dunit, secpentinit*) với hàm lượng 3 - 5%.

Mỏ sa khoáng cromit ở Cổ Định và Bãi Áng nằm về phía tây nam và đông bắc Núi Nưa chứa cromit với hàm lượng Cr_2O_3 trung bình 3 - 4%, trữ lượng lớn. Hai mỏ này được khai thác từ năm 1930 đến nay vẫn đang hoạt động.

Trên thế giới có những khoáng sàng lớn ở Bắc Rôđêzi, Tân Caleđoni và Uran.

Công dụng: Cromit là quặng duy nhất của crôm dùng để chế tạo các hợp kim quan trọng, thép không rỉ. Crom dùng để mạ kim loại; một phần dùng trong kỹ nghệ hóa học để chế các màu, thuộc da, và chế các hóa chất khác.

3- Nhóm rutin

Trong nhóm này gồm có các oxit Ti, Sn, Mn, và Pb có công thức kiểu AO_2 chúng đều kết tinh trong tinh hệ bốn phương. Riêng TiO_2 có ba biến thể đa hình là 1) rutin (tinh hệ bốn phương), 2) brukit (tinh hệ thoi), 3) anata (tinh hệ bốn phương).

Các khoáng vật chính trong nhóm này không có quan hệ cộng sinh với nhau. Caxiterit và rutin thành tạo trong điều kiện nội sinh nhưng ở trong những quá trình địa chất khác nhau, còn piroluzit hầu như chỉ thành tạo trong điều kiện ngoại sinh.

Trong nhóm này chúng ta thường gặp các khoáng vật rutin, caxiterit và piroluzit.

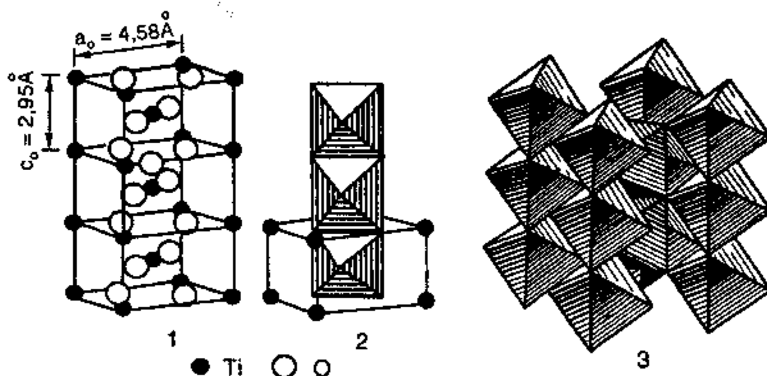
Rutin - TiO_2

Tên gọi từ chữ La tinh "rutilus" nghĩa là "đỏ", là màu thường gặp của rutin.

Thành phần hóa học: Ti: 60%. Có lẫn nhiều các nguyên tố khác Fe^{2+}, Fe^{3+}, Sn^{4+}, Cr^{3+}, V^{3+}. Nếu có chứa nhiều $FeTiO_3$ gọi là nigrin.

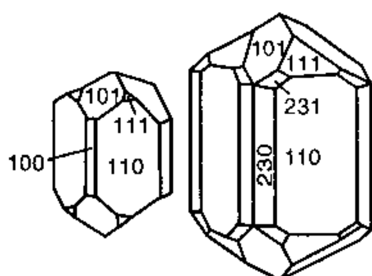
Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp đôi bốn phương kép: L_44L_25PC. Nhóm không gian $D_{4h}^{14} - P4/mnm$; $a_o = 4{,}58\,\mathring{A}$; $c_o = 2{,}95\,\mathring{A}$. *Kiến trúc tinh thể:* Các ion oxi xếp chồng khít sáu phương. Mỗi ion Ti có sáu ion oxi bao bọc ở vị trí các đỉnh của bát diện (H.12.10).

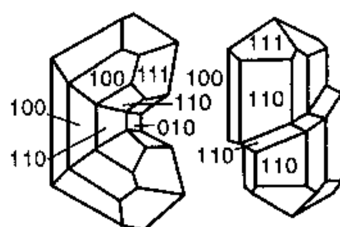
Trong kiến trúc tinh thể các bát diện đó nằm thành những cột thẳng dọc theo trục c, do đó tinh thể có dạng kéo dài theo một phương. *Hình dạng tinh thể*: Có dạng lăng trụ, cột, kim, trên mặt thường có dạng sọc kéo dài theo trục c (H.12.11). Các dạng song tinh hình khuỷu điển hình với mặt ghép (011) (H.12.12). Rutin thường gặp dưới dạng hạt và tập hợp đặc xít.



1- Biểu diễn các trung tâm ion; 2- Theo trục các bát diện TiO_6 phân bố thành cột thẳng đứng
3- Dùng các đa diện để biểu diễn kiến trúc chung

***Hình 12.10** Kiến trúc tinh thể của rutin*





Hình 12.11 *Các tinh thể rutin* ***Hình 12.12*** *Các song tinh của rutin*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Rutin thành tạo trong những điều kiện tự nhiên khác nhau. Ta gặp nó trong đá macma xâm nhập, trong đá phiến kết tinh, trong pecmatit và trong các mạch quặng nhiệt dịch. Rutin còn gặp trong các mạch anpi. Đôi khi gặp trong đá trầm tích do những sản phẩm phá hủy của các khoáng vật có titan.

Thường gặp hơn cả là trong đá biến chất có chứa nhiều titan. Rutin vững bền trong điều kiện phong hóa nên có trong sa khoáng. Những khoáng sàng có giá trị công nghiệp là những khoáng sàng nhiệt dịch và sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Tinh thể có dạng lăng trụ bốn phương và song tinh hình khuỷu điển hình; phân biệt với ziacon nhờ độ cứng (ziacon cứng hơn); với caxiterit phân biệt nhờ tỷ trọng (caxiterit có tỷ trọng cao hơn), tinh thể dạng tóc phân biệt với tuamalin bởi các hằng số quang học.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi, không hòa tan trong axit.

Ở Việt Nam gặp ở Piaoac (Cao Bằng), Trịnh Tường (Lào Cai). Trong sa khoáng ven biển thường gặp cùng với inmenit từ Quảng Ninh đến Vũng Tàu. Những nơi trên thế giới có nhiều rutin là Kazacstan, Uran (Nga), bắc Karolin (Mỹ).

Công dụng: Dùng làm quặng titan, dùng luyện ferotitan, chế loại thép đặc biệt chống được va chạm mạnh, làm chất kiểm ba trong vô tuyến điện, ...

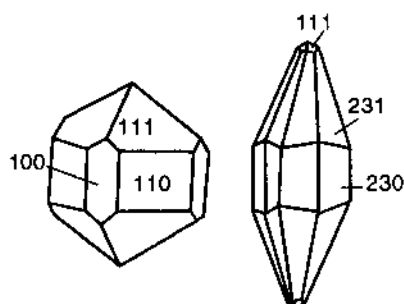
Caxiterit - SnO_2

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "cassiteros" nghĩa là thiếc.

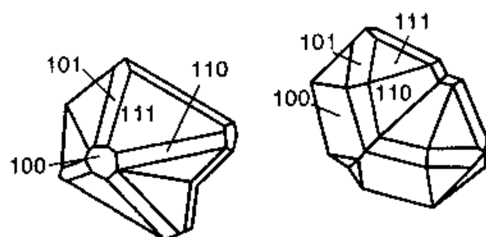
Thành phần hóa học: Sn: 78,8%. Thường chứa các hỗn hợp Fe_2O_3, Ta_2O_5, Nb_2O_5, TiO_2, v.v...

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp đôi bốn phương kép: $L_4 4L_2 5PC$. Nhóm không gian $D_{4h}^{14} - P4/mnm$; $a_o = 4{,}72\,\text{Å}$; $c_o = 3{,}17\,\text{Å}$. *Kiến trúc tinh thể*: Giống như rutin. *Hình dạng tinh thể*: Thường tinh thể có dạng tháp đôi, lăng trụ, hình kim (H.12.13). Tinh thể thường nhỏ nhưng cũng có khi kích thước lớn (nặng vài kilôgam). Hay gặp song tinh hình khuỷu (H.12.14).

Các dạng tập hợp thường gặp là dạng hạt méo mó tản mạn ít thấy dạng đặc xít. Trong các hổng của mạch nhiệt dịch gặp những tinh thể đẹp.



Hình 12.13 Các tinh thể caxiterit



Hình 12.14 Các song tinh của caxiterit

Tính chất vật lý: Màu nâu đỏ, vàng, nâu đen, đôi khi có màu xám trắng, hiếm khi không màu. vết vạch màu nâu tươi, vàng nhạt. Ánh kim cương. Độ cứng 6 - 7. Dòn. Cát khai không hoàn toàn theo {110}. Tỷ trọng 6,8 - 7. Không có từ tính, nhưng nếu chứa nhiều sắt thì có từ tính yếu.

Nguồn gốc khoáng sàng: Khoáng sàng caxiterit có liên quan tới đá macma axit nhất là đá granit; thường có nhiều ở những phần bị greizen hóa.

Caxiterit cũng thành tạo trong các mạch pecmatit, thường cộng sinh với thạch anh, mica, anbit, tuamalin, berin, v.v...

Trong greizen, sự thành tạo caxiterit có thể do các chất bốc như SnF_4, $SnCl_4$ bị thủy phân rồi lắng đọng lại. Phản ứng xảy ra như sau:



$$SnF_4 + 2H_2O \longrightarrow SnO_2 + 4HF$$

Quan trọng hơn cả là các khoáng sàng nhiệt dịch, với hai kiểu mạch chính:

1- Thạch anh caxiterit.

2- Sunfua caxiterit.

Trong kiểu mạch thạch anh - caxiterit, ngoài thạch anh và caxiterit là chủ yếu còn có tuamalin, mica trắng, fenpat, vonframit,.... Trong kiểu mạch sunfua - caxiterit, có các sunfua: pirotin, sfalerit, chancopirit, stanin, ngoài ra còn có tuamalin và cacbonat. Sự di chuyển Sn trong nhiệt dịch có thể dưới dạng stanat, sau đó bị thủy phân để thành tạo caxiterit: $Na_2[Sn(OH,F)_6] \longrightarrow SnO_2 + 2NaF + 2HF$

Caxiterit rất vững bền trong đới oxi hoá, vì vậy nó có trong các khoáng sàng sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Dạng tinh thể và song tinh điển hình, phân biệt với rutin là tỷ trọng cao hơn; phân biệt với ziacon là độ cứng nhỏ hơn.

Không có tác dụng với axit. Nếu ta nhỏ trên caxiterit một giọt HCl và đặt vào đó một miếng kẽm nhỏ, ta sẽ được một vết bám của Sn kim loại có màu trắng óng ánh.

Việt Nam nằm trên vành đai thiếc Tây Thái Bình Dương kéo dài từ miền viễn đông nước Nga qua Triều Tiên, nam Trung Quốc xuống đến các nước Đông Nam Á. Biểu hiện khoáng hoá caxiterit ở nước ta rất phong phú về loại hình nguồn gốc và loại hình công nghiệp. Caxiterit nguồn gốc pecmatit gặp ở Kim Cương (Quảng Nam).

Loại hình này quy mô nhỏ nhưng trong thành phần quặng có chứa Nb, Ta thu hồi được. Mỏ skacnơ chứa Sn gặp ở Đá Liền (Thái Nguyên), Bà Nà (Quảng Nam). Các mỏ nguồn gốc nhiệt dịch rất phong phú với các thành hệ quặng caxiterit - thạch anh, caxiterit - silicat - sunfua, caxiterit - sunfua phân bố ở vùng Piaoac (Cao bằng), Thái Phiên, Đa Chay (Đà Lạt), Potras (Lâm Đồng). Nhìn chung quặng thiếc Việt nam phân bố ở bốn vùng chủ yếu là Piaoac, Tam Đảo, Quỳ Hợp (Nghệ An) và Lâm Đồng. Hơn 90% trữ lượng thiếc ở các vùng này tập trung trong sa khoáng có hàm lượng caxiterit cao gấp ba lần hàm lượng công nghiệp.

Trên thế giới có những mỏ lớn ở Malaixia, Bilitôn (Inđônêxia), Mianma, tây Thái Lan, Lào. Các khoáng sàng thiếc miền nam Trung Quốc, Viễn Đông Liên bang Nga là những mỏ có giá trị công nghiệp lớn.

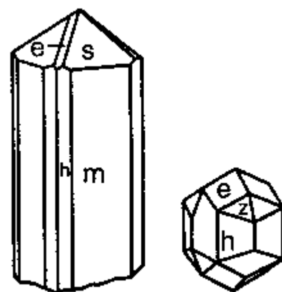
Công dụng: Quặng chủ yếu để lấy thiếc, chế tạo thiếc kim loại, chế các hợp kim dễ chảy, làm giấy thiếc. Thiếc kim loại dát mỏng dùng để làm bao bì trong công nghiệp thực phẩm, dùng chế tác các hàng mỹ nghệ rất đẹp mắt, chất hàn trong công nghiệp điện tử.

Piroluzit - MnO_2

Tên gọi từ chữ Hi Lạp "piros" là lửa và "luzios" là mất đi, vì người ta dùng nó để khử màu lục của thủy tinh.

Thành phần hoá học: Mn: 63,2%. Ở dạng hạt nhỏ ẩn tinh thường lẫn với Fe_2O_3, SiO_2, H_2O.

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp đôi bốn phương kép: L_44L_25PC. Nhóm không gian D_{4h}^{14} – P4/*mnm*; a_o = 4,38 Å; c_o = 2,85 Å. *Kiến trúc tinh thể:* Giống rutin. *Hình dạng tinh thể:* tinh thể có dạng que hoặc dạng kim (H.12.15). Hiếm gặp dạng tinh thể; thường có dạng ẩn tinh đặc xít, dạng bột, dạng đất.



Hình 12.15 *Các tinh thể của piroluzit: m{110}, h{120}, e{011}, s{111}, z{231}*

Tính chất vật lý: Màu đen, vết vạch đen. Ánh bán kim. Độ cứng của dạng tinh thể từ 5 - 6; ở dạng bột độ cứng giảm tới 2. Rất dòn. Cát khai hoàn toàn theo {110}. Tỷ trọng 4,7 - 5,8.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Piroluzit sinh thành chủ yếu trong điều kiện ngoại sinh. Những khoáng sàng piroluzit trầm tích có ý nghĩa công nghiệp. Piroluzit cộng sinh với các oxit và hiđroxit của mangan và sắt (hosmanit, manganit, braonit, psilomelan, quặng sắt nâu).

Ta thường gặp những mũ mangan trong đới oxi hoá của các khoáng sàng chứa các khoáng vật mangan nguyên sinh.

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với các khoáng vật của mangan có vết vạch đen, cát khai, dòn, và độ cứng thấp.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Hoà tan trong HCl và Cl_2 bốc lên.

Ở nước ta, mỏ mangan Tốc Tác và Bản Khuông (Cao Bằng) có nguồn gốc trầm tích, thành phần quặng chủ yếu là piroluzit, ít hơn có psilomelan, braonit, manganit, một số nơi còn gặp cả rodocrozit và rodonit ở dưới sâu.

Ngoài ra, các biểu hiện mỏ và điểm quặng mangan còn gặp ở Thổ Bình (Quảng Bình) có hàm lượng mangan thấp, chỉ những nơi có quá trình thấm đọng, hàm lượng mangan mới đạt tới 20%.

Trên thế giới, những nơi có nhiều piroluzit là Zacapcaz (Nga), Ukraina, bờ biển Vàng (Tây Phi), Ấn Độ và mỏ Palaton (Tiệp Khắc).

Công dụng: Là quặng quan trọng của Mn. Dùng để chế pin điện khô, chế thủy tinh không màu, chế tạo các dụng cụ hóa học và chế feromangan.

4- Nhóm uraninit

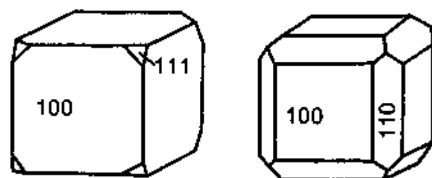
Nhóm này gồm các bioxit của các kim loại uran, thori, ziacon. Khoáng vật quan trọng nhất là uraninit.

Uraninit - UO_2

Thành phần hóa học: UO_2: từ 4,41 - 74,43%; UO_3: từ 1,8 - 59,9%. ThO_2 từ vết tới 93,02%; Ra, Ac, Po, TR, Pb và He (chì và hêli là sản phẩm phá hủy phóng xạ). Thường có H_2O.

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu $3L_44L_36L_29PC$. Nhóm không gian O – Fm3m; a_o = 5,47. Kiến trúc tinh thể giống kiểu fluorin.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể có dạng lập phương và những hình đơn bát diện phụ (H.12.16), kích thước nhỏ. Thường thành khối dạng keo (gọi là nasturan), dạng thận gọi là "quặng nhựa uran". Thứ bở không ánh gọi là "uran đen".



Hình 12.16 *Các tinh thể uraninit*

Tính chất vật lý: Màu đen đôi khi phớt tím. Vết vạch đen nâu. Ánh bán kim. Độ cứng 5 - 6. Dòn. Tỷ trọng 10,3 - 10,6. Có tính phóng xạ mạnh.

Nguồn gốc khoáng sàng: Khoáng sàng uraninit hiếm gặp, có những nguồn gốc chính sau:

Trong pecmatit granit và sienit: uraninit thường hiếm, cộng sinh với các khoáng vật của Th, TR, Nb, Ta và tuamalin, fenfat, mica...

Trong các khoáng sàng nhiệt dịch cộng sinh với các acsenua Ni, Co, bismut tự nhiên, As, Ag và acgentit, 80% quặng uran khai thác từ các khoáng sàng nhiệt dịch.

Trong các miền dưới của đới oxi hóa hoặc trong đới keo kết dưới mực nước thổ nhưỡng cũng thành tạo uraninit.

Tất cả uraninit đều bị biến đổi thành những loại oxit, hidroxit, fotfat, silicat, cacbonat, uran có các màu vàng tươi, lục hoặc da cam và các màu sặc sỡ khác.

Đặc điểm nhận biết: Có tính phóng xạ mạnh, màu đen, tỷ trọng cao; phân biệt với inmenit do hình dạng tinh thể, tỷ trọng và tính phóng xạ. Hòa tan trong HNO_3, HF, H_2SO_4 và khó hòa tan trong HCl.

Ở Việt Nam đã tìm thấy quặng uraninit ở Khe Hoa - Khe Cao trong bồn trũng Nông Sơn (Quảng Nam). Quặng hóa nguyên sinh nằm trong các khe nứt của cát kết. Thành phần chủ yếu là nasturan (dạng keo) cộng sinh với pirit, macazit và các sunfua khác. Quặng thường bị biến đổi thành các muối của urani như cofinit, uranofan (silicat U); otunit, metaotunit, tocbenit (fotfat U); fransvilit (vanadat U) và rutesocdin (cacbonat U).

Ngoài ra một số khoáng vật của urani đi cùng các khoáng vật đất hiếm cũng gặp ở mỏ Bình Đường, Nậm Xe, Tiên An v.v...

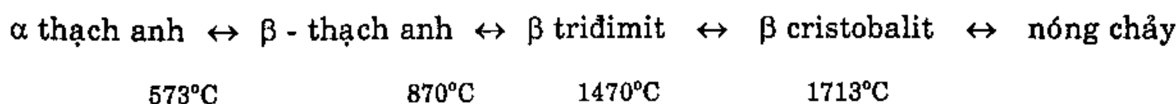
Trên thế giới uraninit có ở những vùng Katanga (Công gô Lêôpônvin), Hồ Gấu lớn (Canađa), Xrilanca và Mađagasca.

Công dụng: Là quặng quan trọng để lấy urani và rađi, mặc dầu rađi có trong uraninit chỉ chiếm 1 phần vạn.

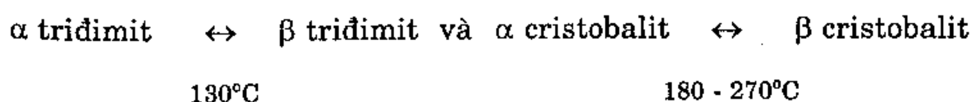
5- Nhóm thạch anh

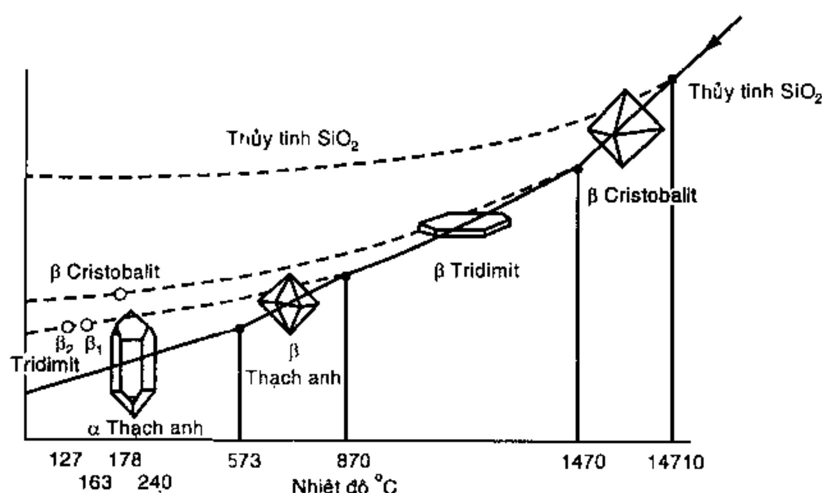
Khoáng vật trong nhóm này gồm một loạt biến thể đa hình của SiO_2. Kiến trúc tinh thể của các khoáng vật nhóm này khá phức tạp. Vì vậy nhiều tác giả xếp vào silicat. Thực ra tính chất của chúng gần oxit hơn silicat và chiếm vị trí trung gian giữa oxit và muối oxi.

SiO_2 có ba biến thể độc lập là thạch anh, triđimit và cristobalit. Chúng chuyển biến theo sơ đồ (H.12.17).

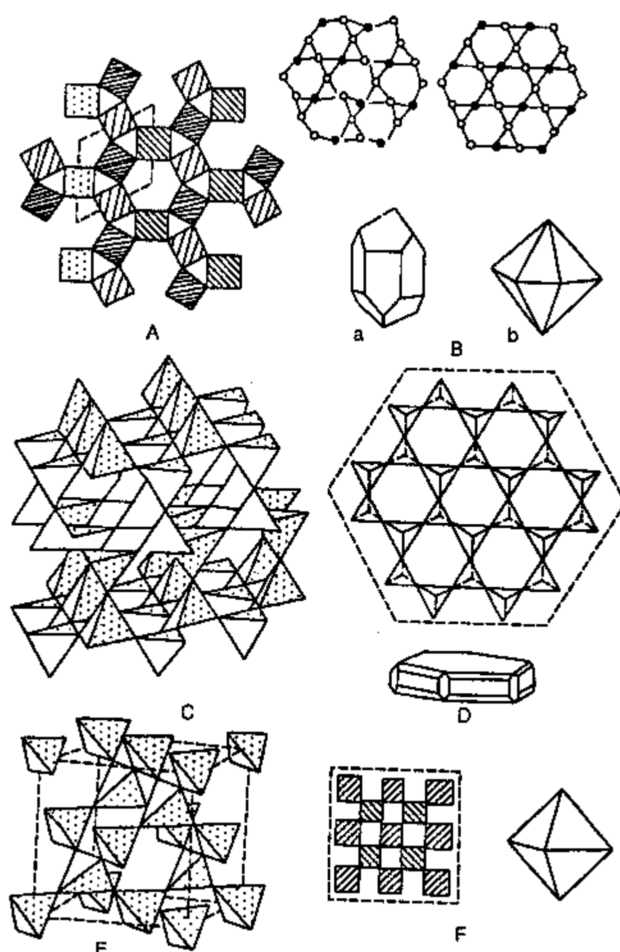


Khi bị nguội đột ngột triđimit và cristobalit cho ta các dạng song biến:





***Hình 12.17** Sơ đồ vững bền của các biến thể SiO_2*



A- Kiến trúc tinh thể của thạch anh biểu diễn bằng tứ diện $[SiO_4]^{4-}$; B- Kiến trúc tinh thể của thạch anh ba phương (a), sáu phương (b) và hình dạng tinh thể của chúng; C- Kiến trúc tinh thể của tridimit biểu diễn bằng tứ diện $[SiO_4]^{4-}$; D- Kiến trúc tinh thể tridimit chiếu theo trục z và dạng tinh thể tridimit; E- Kiến trúc tinh thể của cristobalit biểu diễn bằng tứ diện $[SiO_4]^{4-}$; F- Kiến trúc tinh thể của cristobalit chiếu theo trục z và dạng tinh thể cristobalit

***Hình 12.18** Kiến trúc tinh thể của các biến thể SiO_2*

Ngoài những biến thể trên, hiện nay người ta phát hiện thêm nhiều biến thể mới là: ketit (bốn phương), coezit (một xiên), stisovit (bốn phương).

Kiến trúc tinh thể của các khoáng vật trong nhóm này, có các đặc điểm là các ion Si^{4+} bao giờ cũng bị các ion O^{2-} bao bọc nằm ở đỉnh của các tứ diện, mỗi đỉnh tứ diện đều chung cho đỉnh của tứ diện kề bên, chúng liên kết với nhau tạo thành một khung tứ diện liên tục (H.12.18).

Trong tất cả các biến thể, các tứ diện đều liên kết giống nhau, nhưng hướng và tính đối xứng của chúng khác nhau, do đó các tính chất của chúng cũng khác nhau (bảng 12.2).

Bảng 12.2 *Tính chất của các biến thể* SiO_2

Biến thể	Tinh hệ	Tỷ trọng	Chiết suất		
			Ng	*Nm*	*Np*
Thủy tinh thạch anh		2,204	–	1,460	–
β - cristobalit	Lập phương	2,21	–	–	–
α - cristobalit	Bốn phương	2,27	–	1,487	1,484
β - tridimit	Sáu phương	2,26	–	–	–
α - tridimit	Thoi	2,30	1,473	1,470	1,469
β - thạch anh	Sáu phương	2,51	–	–	–
α - thạch anh	Ba phương	2,655	1,553	1,544	–

Thạch anh - SiO_2

Là khoáng vật phổ biến nhất trong vỏ Trái Đất. Người ta nghiên cứu kỹ nhất là biến thể α - thạch anh hay còn gọi là thạch anh nhiệt độ thấp.

Thành phần hóa học: Si: 46,7%. Loại trong suốt có thành phần đúng như công thức; khi có chứa những hỗn hợp phân tán của chất khí, nước, cacbon, actinolit, ... thì có những màu khác nhau.

Tinh hệ: Biến thể α - thạch anh vững bền ở nhiệt độ thấp hơn 537°C kết tinh trong tinh hệ ba phương. Biến thể β - thạch anh kết tinh trong tinh hệ sáu phương. Hiện nay đã có thể biến đổi nhân tạo thạch anh sáu phương thành thạch anh ba phương. Mỗi biến thể được đặc trưng bởi những chỉ số hình học nhất định (bảng 12.3).

Bảng 12.3 *Các chỉ số hình học tinh thể của các biến thể thạch anh*

Biến thể	Dạng đối xứng	Nhóm không gian	Kích thước ô mạng (Å)
α - SiO_2 ba phương	Mặt thang ba phương $L_3 3L_2$	$D_3^4 - P3_12$ $D_3^6 - P3_22$	$a_o = 4,904$; $c_o = 5,397$
β - SiO_2 sáu phương	Mặt thang sáu phương $L_6 6L_2$	$D_6^4 - P6_42$ hoặc $D_5^6 - P_42$	$a_o = 5,01$; $c_o = 5,47$

Kiến trúc tinh thể: Tương đối đơn giản (H.12.18A). Trong từng tứ diện [SiO_4] có hai ion oxi khác thấp hơn ion silic. Các nhóm tứ diện sắp thành ba lớp ở những độ cao khác nhau, vị trí tương đối của chúng trên mặt phẳng của hình vẽ biểu diễn bởi các đường kẻ đậm nhạt khác nhau.

Hình 12.19 *Tinh thể thạch anh trái (A) và phải B):* $m\{1\bar{0}10\}$, $r\{10\bar{1}\bar{1}\}$, $s\{112\bar{1}\}$, $x'\{5161\}$, $'s\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $'x\{6151\}$

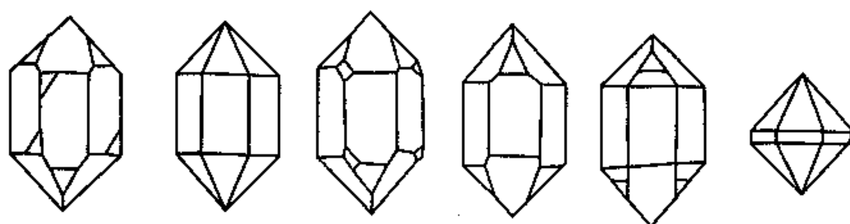
Kiến trúc tinh thể của α - thạch anh và β - thạch anh khác nhau là: từ α - thạch anh sang β - thạch anh, các trung tâm tứ diện có bị di chuyển một chút làm cho mạng khít hơn và tính đối xứng giảm đi, nhưng sự liên kết giữa các tứ diện không thay đổi. *Hình dạng tinh thể*: thạch anh có hai dạng trái và phải (H.12.19).

β - thạch anh có dạng tháp đôi sáu phương, các mặt lăng trụ rất ngắn hoặc không có, thường tinh thể nhỏ, đôi khi lớn hơn 1 - 2 cm đường kính.

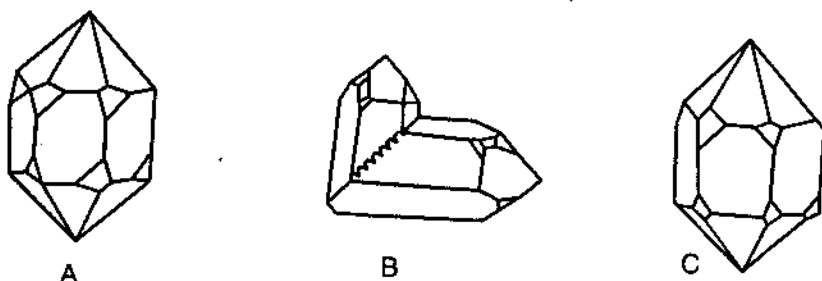
α - thạch anh có dạng lăng trụ hai đầu có chóp, hay gặp tinh thể khá lớn có trường hợp to bằng một người lớn. Các đơn hình thường gặp là {1011} và {0111} (H.12.20).

Song tinh thạch anh có nhiều qui luật: 1) Song tinh Đofine; 2) Song tinh Nhật Bản (các tinh thể chéo nhau một góc 84°34'); 3) Song tinh Braxin (H.12.21).

Tập hợp thường gặp là các dạng tinh đám, dạng hạt đặc xít.



Hình 12.20 *Các tinh thể thạch anh*



Hình 12.21 *Các song tinh thạch anh*
A- Song tinh Dofine; B- Song tinh Nhật Bản; C- Song tinh Braxin

Tính chất vật lý: Trong suốt không màu hoặc có nhiều màu khác nhau như tím, vàng, đen, nâu, hồng, lục và khá phổ biến mầu trắng sữa. Thạch anh trong suốt hoặc có màu sắc đẹp thuộc loại ngọc bán quý. Nếu có màu tím gọi là ametit, màu xám - thạch anh ám khói, màu đen - morion, màu vàng kim hoặc vàng chanh - xitrin. Các loại thạch anh có màu dùng làm đồ trang sức rất đẹp. Ánh thủy tinh. Độ cứng 7. Không cát khai. Tỷ trọng 2,5 - 2,8.

Thạch anh có khả năng để tia tử ngoại xuyên qua, có tính chất áp điện (là tính chất khi bị tác dụng của các lực cơ học phát sinh điện ở hai đầu trục gọi là điện trục. Điện trục của thạch anh trùng với trục bậc 2).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong tự nhiên rất phổ biến, là thành phần của nhiều loại đá và khoáng sàng quặng.

Là thành phần chính của nhiều đá macma axít (granit, riolit, v.v...) đi cùng với các fenpat và mica.

Trong pecmatit gặp những tinh thể thạch anh kích thước lớn, cộng sinh với fenpat, mutcovit, topa, berin, tuamalin.

Là khoáng vật mạch rất phổ biến trong khoáng sàng nhiệt dịch, cộng sinh với các khoáng vật khác: caxiterit, vonframit, pirit, molipđenit, chancopirit, v.v... Ở trong mạch nhiệt dịch, hầu hết thạch anh có chứa bao thể nhỏ của khí, nước và những khoáng vật rắn khác.

Trong các quá trình ngoại sinh thạch anh tạo thành do sự khử nước và tái kết tinh của keo silit, thường đi cùng với canxeđon.

Trong quá trình biến chất, thạch anh thành tạo do sự khử nước của các đá trầm tích chứa opan, tạo thành thạch anh hạt rất nhỏ trong các đá sừng.

Khi bị phong hóa trôi vào sa khoáng tạo thành những khoáng sàng cát sa khoáng có giá trị trong công nghiệp làm thủy tinh.

Trong các mạch kiểu anpin có những tinh thể thạch anh trong suốt đẹp, có tính áp điện.

Đặc điểm nhận biết: Hình dạng tinh thể điển hình và độ cứng cao; trong các dạng tập hợp đặc xít ta nhận biết bởi độ cứng, vết vỡ vỏ sò có tính chất không cát khai.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi, không có tác dụng với axit (trừ HF). Bị HF gặm mòn cho bốc hơi SiF_4.

Ở nước ta tinh thể thạch anh đẹp thường có nguồn gốc pecmatit. Mỏ Thạch Khoán (Phú Thọ), Mẫu Sơn (Lạng Sơn), Nam Thanh Hóa, mỏ Đại Lộc (Quảng Nam), Núi Sam (An Giang) đều có các tinh thể thạch anh kích thước lớn hoàn hảo.

Ametit gặp ở Thanh Bình (Gia Lai), núi Tà Dôn (Bình Thuận), Núi Dinh (Bà Rịa - Vũng Tàu), morion - gặp ở Lộc Tân, Bảo Lộc (Lâm Đồng), Xitrin - có ở Vĩnh Trường (Ninh Thuận).

Ngoài ra cát thạch anh tạo thành nhiều mỏ nguyên liệu thủy tinh rất có giá trị như mỏ Nam Ô (Đà Nẵng), mỏ Cam Ranh (Khánh Hoà), mỏ Bình Châu (Bà Rịa - Vũng Tàu).

Trên thế giới những nơi có thạch anh đáng kể là ở Uran, Braxin, Mađagaska, Mianma, Xrilanca.

Công dụng: Thạch anh có nhiều ứng dụng trong thực tế: dùng làm những dụng cụ khoa học; trong cơ khí chính xác, dùng trong kỹ thuật vô tuyến điện (chế những tấm áp điện để giữ bước sóng, làm chất cộng hưởng, linh kiện đồng hồ, ...). Chế các chén chịu nhiệt, chịu axít, chế tạo thủy tinh đồ sứ. Làm các đèn thạch anh để chữa bệnh bằng tia tử ngoại, ...

Canxeđon - SiO_2

Canxedon là dạng ẩn tinh của thạch anh có kiến trúc tinh thể giống như thạch anh.

Thường canxedon có dạng nhũ, dạng thận với cấu tạo phóng tỏa. Màu xám, đôi khi có màu lục, hồng nhạt. Ánh thủy tinh. Độ cứng 7. Do có những dấu vết nước tàn dư nên tỷ trọng và chiết suất của canxedon thấp hơn so với thạch anh.

Người ta cho rằng canxedon phần lớn được thành tạo do sự kết tinh không hòan toàn của keo silit, loại canxedon có vân nhiều màu sắc gọi là mã não (còn gọi là agat).

Công dụng: Dùng làm đồ trang sức, làm nguyên liệu mài và làm các dụng cụ thí nghiệm chính xác.

Opan - $SiO_2 . nH_2O$

Là loại thủy ngưng giao điển hình của SiO_2.

Thành phần hóa học: Giống như thành phần hóa học của thạch anh nhưng có chứa nước và là chất vô định hình.

Lượng nước chứa không cố định, từ 1 - 34%.

Hình dạng tinh thể: Thường thành khối đặc xít có dạng thạch nhũ.

Tính chất vật lý: Opan không màu; có thể có những màu khác nhau như màu trắng đục giống lòng trắng trứng (còn gọi là đản bạch thạch), vàng, nâu, lục đỏ, đen. Ánh thủy tinh. Độ cứng 5 - 5,5. Dòn. Tỷ trọng 1,9 - 2,5.

Nguồn gốc của khoáng sàng: Opan chủ yếu thành tạo trong điều kiện ngoại sinh. Trong quá trình phong hóa các đá nhất là đá siêu bazơ, do sự phá hủy các silicat, silic được giải phóng tạo thành các dung giao; dung giao mất nước dần ngưng đọng lại thành ngưng giao.

Opan có thể trở thành các lớp trầm tích ở các khu vực gần bờ biển do sự lắng đọng các dung giao silic từ sông vận chuyển tới.

Opan khá phổ biến trong các hổng và các khe đá phun trào.

Đặc điểm nhận biết: bề ngoài rất giống canxedon, nhưng độ cứng thấp hơn và chứa nhiều nước.

Công dụng: Loại opan đẹp dùng trang trí trong kiến trúc. Các loại khác dùng trong công nghiệp gốm, làm các đồ trang sức, chế tác đồ mỹ nghệ.

12.2 LỚP II: HIDROXIT

Những khoáng vật trong lớp này là những hợp chất của kim loại với anion$(OH)_1$; các kim loại thường gặp là Mg, Fe, Mn, Al,Cr.

Đa số các hidroxit có kiến trúc tinh thể dạng lớp, vì vậy các tinh thể thường có dạng lá, dạng vẩy, dạng tấm mỏng. So với các khoáng vật của lớp oxít, các khoáng vật của lớp này có độ cứng thấp hơn, có tính chất cát khai từ trung bình đến hoàn toàn theo những mặt nhất định.

Các khoáng vật trong lớp này cũng là những nguyên liệu quan trọng để luyện gang thép, nhôm, mangan.

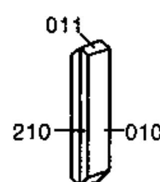
Gơtit - $HFeO_2$ và ***Limonit*** - $HFeO_2 .nH_2O$

Gơtit lấy tên nhà thơ Đức Goethe. Còn limonit đặt từ chữ "limon" là bùn vì nó thường hay đọng trong các đồng lầy.

Thành phần hóa học: Fe_2O_3: 86 - 89,9%; H_2O : 10,1 - 14%. Trong tự nhiên thường gặp quặng sắt nâu là hỗn hợp của gơtit, limonit với hidroxit silic, sét, v.v...

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: $3L_23PC$. Nhóm không gian $D_{2h}^{16}-P6nm$; $a_o = 4{,}64\,\text{Å}$; $b_o = 10{,}0\,\text{Å}$; $c_o = 3{,}03\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể có dạng kim, dạng trụ, nhưng rất hiếm gặp (H.12.22). Thường có dạng thạch nhũ, dạng thận có cấu tạo sợi song song hoặc phóng tỏa hoặc dạng khối đặc xít hay dạng bột bở.



Hình 12.22 *Tinh thể gơtit*

Tính chất vật lý: Màu vàng nâu, nâu xẫm tới đen. Vết vạch của gơtít nâu phớt đỏ, còn của limonit nâu vàng. Ánh kim tới bán kim. Độ cứng của gơtit 4,5 - 6,5, của limonit 1 - 4 (tùy theo dạng tập hợp). Cát khai của gơtit hoàn toàn theo {010}.

Tỷ trọng gơtít 4 - 4,5; limonit 3,4 - 4.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Rất hiếm nguồn gốc nội sinh. Gơtit và limonit thành tạo chủ yếu trong điều kiện ngoại sinh, hầu như chỉ thành tạo ngay trên mặt đất trong điều kiện nhiều oxi và hơi nước.

Là thành phần quặng sắt nâu nằm trong các "mũ sắt" ở đới oxi hóa của các khoáng sàng sunfua

Là thành phần của trầm tích quặng sắt nâu tuổi đệ tam, thành tạo trong các vũng biển và hồ.

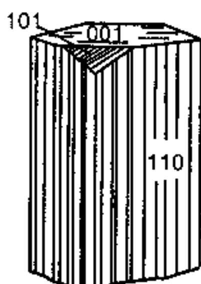
Khi bị biến chất khu vực gơtit và limonit bị khử nước biến thành oxít, không nước (hematit, manhetit).

Đặc điểm nhận biết: Dễ nhận biết bởi dạng tập hợp keo, vết vạch nâu, vết bám màu vàng.

Nung lên trong ống thủy tinh sẽ bị mất nước biến thành Fe_2O_3 màu đỏ. Hòa tan trong HCl.

Ở nước ta thường gặp gơtit, limonit ở trong các mỏ sắt nguồn gốc khác nhau, là khoáng vật đi kèm với hematit và manhetit ở mỏ Trại Cau (Bắc Thái) và một số mỏ khác ở Cao Bằng, Lạng Sơn, Yên Bái.

Trong các mỏ sắt nguồn gốc phong hoá như quặng sắt nâu vùng Văn Bàn (Yên Bái), Thái Nguyên, Ngân Sơn đều có gặp gơtit hoặc limonit. Riêng vùng Mộ Đức (Quảng Ngãi) trên phạm vi năm mỏ đã được thăm dò đều ghi nhận thành phần quặng gồm gơtit, limonit, *hidrohematit*, ít piroluzit, psilomelan và manhetit. Trong vỏ phong hoá laterit ở nhiều nơi đều có gặp gơtit và limonit.



Hình 12.23 *Tinh thể manganit*

Trên thế giới có ở Cu Ba, Uran và Ukraina.

Công dụng: Là nguyên liệu quan trọng để luyện gang thép.

Manganit - $Mn^{2+} Mn^{4+} O_2(OH)_2$ hoặc $MnO_2 .Mn(OH)_2$

Thành phần hóa học: MnO : 40,4%; MnO_2 : 49,4%; H_2O : 10,2%. Có chứa hỗn hợp SiO_2, Fe_2O_3 và Al_2O_3, CaO, v.v...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ bốn phương: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^5 - B2_1/d$; $a_o = 8{,}86\,\text{Å}$; $b_o = 5{,}24\,\text{Å}$; $c_o = 5{,}70\,\text{Å}$; $\beta = 90°C$.

Hình dạng tinh thể: Hình lăng trụ có nhiều vết sọc theo phương thẳng đứng (H.12.23).

Thường có những dạng tinh đám trong các hổng của mạch nhiệt dịch, những dạng tập hợp vi tinh thể trong các khoáng sàng trầm tích.

Tính chất vật lý: Màu đen. Vết vạch nâu. Ánh kim. Độ cứng 4. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo {010}. Tỷ trọng 4,2 - 4,3.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thành tạo chủ yếu trong điều kiện ngoại sinh. Thành những khối lớn trong các khoáng sàng trầm tích có dạng hạt trứng cá hay khối đặc xít.

Có trong một vài khoáng sàng nhiệt dịch mangan, dưới dạng tinh đám, cộng sinh với barit, canxit.

Không vững bền trong đới oxi hóa, dễ biến thành piroluzit (MnO_2) ẩn tinh.

Đặc điểm nhận biết: Các tinh thể dễ nhận biết do dạng hình trụ, có sọc trên mặt và vết vạch nâu.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Nung trong ống thủy tinh bốc ra nhiều hơi nước. Hòa tan trong HCl cho bốc ra Cl_2.

Ở nước ta, manganit thường đi cùng piroluzit, psilomelan, braonit trong các mỏ mangan vùng Cao bằng, Hà Giang, Quảng Bình ... Trên thế giới những nơi có manganit đáng kể là Grudia, Hồ Thượng (Mỹ), Ukraina.

Công dụng: Là quặng quan trọng của mangan.

Psilomelan - $MnO.\ MnO_2.nH_2O$

Thành phần hóa học: Không cố định, MnO: 8 - 25%; MnO_2: 60 - 80%; H_2O: 4 - 6%. Có lẫn BaO, CaO, CoO, ZnO và cả SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3.

Tinh hệ: Có thể hệ thoi (?), chưa xác định được chính xác.

Hình dạng tinh thể: Thường có dạng tập hợp tuyền hoa với những đới đồng tâm hoặc dạng vết bám hình cành cây.

Tính chất vật lý: Màu đen. Đen nâu. Vết vạch nâu. Ánh bán kim. Độ cứng từ 4 - 6. Dòn. Tỷ trọng 4,4 - 4,7.

N*guồn gốc và khoáng sàng:* Thành tạo chủ yếu trong điều kiện ngoại sinh, Nằm trong miền oxi hóa của các khoáng sàng mangan. Psilomelan cũng là khoáng vật phụ trong khoáng sàng nhiệt dịch. Trong các khoáng sàng trầm tích, psilomelan thành những lớp mỏng đặc xít hoặc trứng cá, hoặc kết hạch hình cầu với cấu tạo đồng tâm.

Khi bị phong hóa psilomelan bị oxi hóa và bị khử nước biến thành piroluzit (MnO_2).

Đặc điểm nhận biết: Thông thường dựa vào màu đen, vết vạch đen nâu, thử phản ứng mangan. Muốn xác định chính xác phải phân tích hoá học. Hòa tan trong axit HCl cho bốc ra Cl_2.

Ở nước ta psilomelan nằm trong các mỏ mangan cùng đi với piroluzit, psilomelan, manganit nhưng ít quan trọng hơn. Đáng kể nhất là ở Tốc Tác, Bản Khuôn, Võ Huyền (Cao Bằng) gặp psilomelan ở dạng bột hoặc màng bám.

Trên thế giới có nhiều ở Grudia và Ukraina.

Công dụng: Là quặng của mangan.

Bauxit

Là quặng quan trọng của nhôm, nó không phải là tên của một khoáng vật mà là một tập hợp của ba khoáng vật có tính chất khác nhau (bảng 12.4):

Hiđracgilit $Al(OH)_3$ tinh hệ một xiên (hidracgilit còn gọi là gipsit)

Bơmit $AlO(OH)$ tinh hệ thoi

Điaspo $HAlO_2$ tinh hệ thoi

Bảng 12.4 *Tính chất của những khoáng vật trong bauxit*

Tên khoáng vật	Công thức	Độ cứng	Tỷ trọng	Tính chất quang học			
				Ng	*Nm*	*Np*	*Ng - Np*
Hiđracgilit	$Al(OH)_3$	2,5 - 3,5	2,43	1,587	1,566	1,566	0,021
Bơmit	$AlO(OH)$	3,5 - 4,0	3,019	-	1,640 - 1,645	-	-
Điaspo	$HAlO_2$	6 - 7	3,3 - 3,5	1,750	1,722	1,702	0,048

Ngoài ra nó còn chứa oxit Fe, kaolin, SiO_2 và các nguyên tố hiếm như V, Ti. Tập hợp bauxit thường có dạng khối đặc xít, dạng trứng cá, hạt đậu. Màu xám đến đỏ nâu và đen.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Bauxit thành tạo trong quá trình ngoại sinh. Các khoáng sàng công nghiệp của bauxit chia làm hai kiểu theo nguồn gốc:

Khoáng sàng phong hóa laterit: xuất hiện do quá trình laterit hóa các đá macma và biến chất, sản phẩm phong hóa nằm tại chỗ phủ ngay lên đá mẹ.

Khoáng sàng trầm tích: do sự bào mòn, hoà tan vận chuyển các dung dịch keo alumin đến lắng đọng trong môi trường thích hợp để tạo thành bauxit.

Ở nước ta bauxit được thành tạo theo hai nguồn gốc: trầm tích và phong hoá. Bauxit trầm tích ở Việt Nam lắng đọng trên mặt bào mòn của đá vôi tuổi Pecmi muộn kéo dài từ Đồng Văn, Mèo Vạc (Hà Giang) đến Hà Quảng, Trùng Khánh, Trà Lĩnh, Nguyên Bình (Cao Bằng) và kéo xuống các huyện Cao Lộc, Văn Lãng, Chi Lăng, Hữu Lũng (Lạng Sơn). Dải quặng này có trữ lượng hàng trăm triệu tấn. Quặng có màu nâu đỏ, xám xanh, xám vàng. thành phần khoáng vật chủ yếu là diaspo, bơmit và ít gipsit. Kiểu mỏ trầm tích còn gặp ở vài nơi khác ở vùng Quỳ Châu - Quỳ Hợp (Nghệ An), vùng Lỗ Sơn (Kim Môn - Hải Dương).

Bauxit laterit được thành tạo do quá trình phong hoá nhiệt đới ẩm trên các thành tạo bazan, biểu hiện quặng bauxit laterit gặp ở nhiều nơi: Bản Tấu (Điện Biên Phủ), Núi Thành (Quảng Ngãi), Dốc Miếu (Quảng Trị), Buôn Hồ, Đức Cơ (Tây Nguyên). Nhưng quan trọng hơn cả là vùng Đak Nông (Đaklak), Bảo Lộc (Lâm Đồng). Hai vùng này có trữ lượng quặng tới hàng tỉ tấn, chất lượng quặng tốt nhất nước ta. Thành phần quặng chủ yếu là gipsit dễ tuyển và dễ luyện theo phương pháp Baye.

Trên thế giới có ở Uran, Ấn Độ, Mỹ và Châu Phi.

Phân biệt giữa các thành phần khoáng vật của bauxit rất khó, chỉ dưới kính hiển vi điện tử mới phân biệt được theo hình dạng của hạt phân tán.

Công dụng: Là quặng nhôm quan trọng. Do những đặc điểm của nhôm là nhẹ, bền, dẫn điện tốt nên càng ngày càng được sử dụng rộng rãi vào trong các ngành công nghiệp dân dụng và quân sự.

Trong một số trường hợp có thể dùng bauxit làm gạch chịu lửa hoặc khai thác các nguyên tố hiếm.

Chương 13

NHÁNH V - CÁC MUỐI OXI

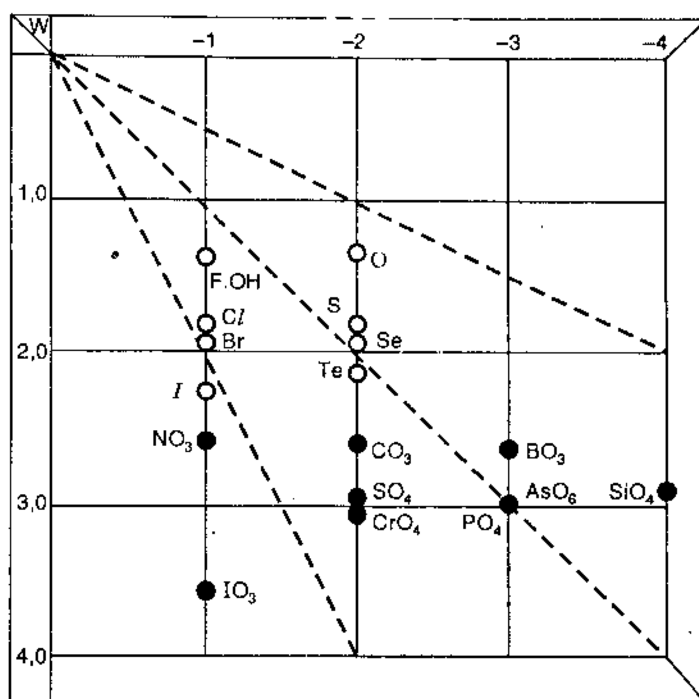
Nhánh này gồm những hợp chất hóa học phức tạp, chiếm hai phần ba tổng số khoáng vật đã biết. Chúng là các muối oxi khác nhau: nitrat, cacbonat, sunfat, cromat, molipđat, vonframat, fotfat, acsenat, vanađat, borat và silicat. Trong đó quan trọng nhất là các khoáng vật silicat, các khoáng vật cacbonat, sunfat, fotfat cũng khá phổ biến.

So với các khoáng vật thuộc các nhánh trước, các khoáng vật ở nhánh này có kiến trúc phức tạp hơn, chúng có các anion phức tạp $[SiO_4]^{4-}$, $[SO_4]^{2-}$, $[CO_3]^{2-}$,v.v... Trong đó có các cation (Si, S, C, ...) nằm ở trung tâm, có bán kính nhỏ, điện lượng cao và có mối liên kết cộng hóa trị với các ion oxi. Các ion oxi liên kết với các cation nằm trong anion phức tạp chặt chẽ hơn với các cation khác. Vì vậy các anion tham gia vào mạng tinh thể như là những đơn vị kiến trúc độc lập. Các anion phức tạp khác hẳn các anion đơn giản cả về hình dáng và kích thước. Các anion phức tạp kiểu $[XO_4]$ như $[SiO_4]^{4-}$, $[SO_4]^{2-}$ có dạng gần đẳng thước, còn những anion phức tạp kiểu $[XO_3]$ như $[CO_3]^{2-}$ có các dạng tam giác phẳng, đôi khi có dạng tháp tù như $[AsO_3]^{3-}$.

Những muối của các oxit yếu như borat, silicat có những anion phức tạp liên kết với nhau tạo thành các gốc anion có nhiều hình dạng phức tạp hơn như dạng dải, dạng vòng, dạng lớp, v.v... Sau đây là các anion phức tạp của các muối oxi tự nhiên quan trọng nhất (bảng 13.1) (các số liệu trong bảng do A. E. Fersman tính gần đúng).

Bảng 13.1 *Các ion phức tạp của các muối oxi tự nhiên quan trọng nhất*

Anion	Bán kính (Å)	Hệ số năng lượng	Điện thế	Dạng anion
$[NO_3]^{1-}$	2,57	0,19	0,39	Tam giác
$[CrO_4]^{2-}$	3,00	0,34	0,67	Tứ diện
$[SO_4]^{2-}$	2,95	0,34	0,68	Tứ diện
$[CO_3]^{2-}$	2,57	0,39	0,78	Tam giác
$[PO_4]^{3-}$	3,00	0,50	1,00	Tứ diện
$[AsO_4]^{3-}$	2,95	0,51	1,02	Tứ diện
$[BO_3]^{3-}$	2,68	0,56	1,12	Tam giác
$[SiO_4]^{4-}$	2,90	0,69	1,38	Tứ diện



***Hình 13.1** Kích thước của các anion phức tạp (vòng đen) và các anion đơn giản (vòng trắng) phổ biến trong tự nhiên*

Hình 13.1 so sánh các cation đơn giản (hóa trị 1, hóa trị 2) của các nhánh halogenua và sunfua với các anion phức tạp của nhánh muối oxi. Các ion đơn giản được biểu diễn bằng các vòng rỗng có kích thước nhỏ hơn các anion phức tạp được biểu diễn bằng chấm đen.

Tuyệt đại đa số các muối oxi có mối liên kết ion điển hình. Vì vậy độ vững bền của kiến trúc tinh thể phụ thuộc rất lớn vào tương quan kích thước của các cation và anion. Các canion phức tạp chắc chắn là kích thước lớn hơn các anion đơn giản. Vì vậy chỉ những cation có kích thước lớn mới kết hợp với những anion phức tạp tạo thành những hợp chất vững bền, khó hòa tan, khó nóng chảy, khó bay hơi. Ví dụ, những hợp chất $BaSO_4$, $PbSO_4$, $ZrSiO_4$, $ThSiO_4$.

Trong tự nhiên khoáng vật nhánh này thành tạo trong nhiều điều kiện địa chất và nguồn gốc khác nhau. Chúng gồm nhiều khoáng vật có công dụng trong công nghiệp, nông nghiệp như: apatit, canxit, đolomit, v.v...

Rất nhiều khoáng vật là thành phần chính của các đá như fenpat, mica, piroxen, amfibon, v.v...

Căn cứ vào các gốc anion phức tạp, người ta chia các khoáng vật nhánh này thành sáu lớp:

Lớp 1: Silicat

Lớp 2: Cacbonat

Lớp 3: Sunfat

Lớp 4: Cromat

Lớp 5: Molipđat và vonframat

Lớp 6: Fotfat, acsenat và vanađat

Một số khoáng vật chưa gặp trong các điều kiện địa chất của nước ta, ở đây không mô tả.

13.1 LỚP I: SILICAT

Lớp silicat có nhiều khoáng vật nhất, chiếm một phần ba số khoáng vật đã biết. Theo sự tính toán của A. E. Fersman các khoáng vật này chiếm 75% trọng lượng vỏ Trái Đất.

Lớp này có nhiều khoáng vật là những khoáng sản hữu ích và cũng khá nhiều khoáng vật là thành phần chính của nhiều đá macma, biến chất và trầm tích.

Trong tự nhiên ta gặp khá nhiều loại hợp chất silicat có thành phần và kiến trúc khác nhau, nhưng số lượng các nguyên tố tạo thành hợp chất silicat không nhiều lắm (H.13.2).

	H*																
He	Li	Be	B	C*	N	O*	F*										
Ne	Na	Mg	Al	Si*	P*	S*	Cl*										
Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge*	As*	Se	Br
Kr	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo*	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I
Xe	Cs	Ba	TR	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Ti	Pb	Bi	Po	At
Rn	Fe	Ra	Ac	Th	Pa	U											

N 1 Si* 2 Al 3

1- Các nguyên tố không có trong silicát

2- Các nguyên tố có trong thành phần silicat dưới dạng ion đơn giản hoặc là thành phần của ion phức tạp

3- Những nguyên tố đóng vai trò cation độc lập trong một số khoáng vật silicat

Hình 13.2 *Các nguyên tố chính thành tạo hợp chất silicat (chữ đậm nét)*

1- Hóa học tinh thể của silicat

Trước đây người ta đã chú ý rất nhiều tới silicat, nghiên cứu bản chất hóa học của chúng đã đưa ra nhiều khái niệm và giả thiết về kiến trúc của silicat. Chỉ sau khi tia X được tìm ra, người ta sử dụng nó để nghiên cứu kiến trúc tinh thể mới làm sáng tỏ vấn đề này.

Kiến trúc của silicat có những đặc điểm sau đây:

1- Mỗi ion silic Si^{4+} bao giờ cũng nằm giữa 4 ion O^{2-}. Các ion O^{2-} nằm ở vị trí các đỉnh của hình tứ diện. Kích thước của các tứ diện không thay đổi với khoảng cách Si – O là 1,6.

Các tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ là đơn vị kiến trúc cơ bản của silicat.

2- Trong kiến trúc tinh thể các tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ có thể thành những đơn vị riêng lẻ hoặc có thể ghép với nhau theo nhiều cách, nhiều kiểu tạo thành những gốc anion phức tạp khác nhau (cụ thể sẽ trình bày trong phần phân loại). Cần chú ý rằng các tứ diện chỉ ghép với nhau qua đỉnh chứ không ghép mặt và qua cạnh..

3- Cation Al^{3+} tham gia vào kiến trúc tinh thể của silicat với hai vai trò khác nhau:

Trong các alumosilicat, ion Al^{3+} cũng nằm giữa bốn ion oxi, các ion oxi nằm ở vị trí các đỉnh của tứ diện, lúc này Al^{3+} là thành phần của gốc anion giống như Si^{4+} và có số phối trí là 4. Trường hợp này rất phổ biến đối với khoáng vật nhóm fenpat và zeolit.

Trong các silicat alumin thì Al^{3+} đóng vai trò cation như các cation kim loại khác, nó nằm giữa ion O^{2-} hoặc $(OH)^{1-}$.

Cũng có những hợp chất có Al^{3+} nằm trong gốc anion và có cả những ion Al^{3+} khác đóng vai trò cation.

4- Trong nhiều silicat có những anion phụ như O^{2-}, $(OH)^{1-}$, F^{1-}, Cl^{1-}, $[CO_3]^{2-}$,...có tác dụng trung hòa điện lượng dương thừa của cation. Có nhiều trường hợp các cation $(OH)^{1-}$ F^{1-} có thể thay thế ion oxi trong những gốc anion phức tạp nhất, nhưng sự thay thế thường xảy ra đối với những ion oxi không nằm trong tứ diện $[SiO_4]^{4-}$.

Nhiều silicat có chứa nước, các phân tử H_2O thường liên kết yếu ớt trong kiến trúc tinh thể.

5- Trong các silicat số lượng ion oxi vượt hẳn số lượng các ion khác. Nhưng silicat thuộc cùng một loạt đồng hình thì có cùng số lượng ion oxi.

6- Trong các silicat rất phổ biến hiện tượng đồng hình cùng hóa trị và không cùng hóa trị.

Ví dụ: Fe^{2+} và Mg^{2+} thay thế đồng hình nhau trong khoáng vật olivin $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$ hoặc Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} thay thế đồng hình nhau trong loạt anmanđin $(Mg, Fe, Mn)_3Al_2[SiO_4]_3$, v.v...

Hiện tượng đồng hình không cùng hóa trị cũng khá phổ biến, một ví dụ điển hình là loạt plagiocla:


Anbit – $Na[Si_3AlO_8]$ —— Anoctit – $Ca[Si_2Al_2O_8]$

Ở đây Na^{1+} thay thế Ca^{2+} có thể tích tương đương, nhưng hóa trị khác nhau, sự thay thế đó phải kèm theo một ion Si^{4+} thay thế cho một ion Al^{3+} để gốc anion có hóa trị âm tương ứng.

7- Trong các silicat, một vài cation có tới hai hay ba số phối trí. Chúng ta kể ra số phối trí những nguyên tố phổ biến trong silicat:

B	– 4	Mn^{2+}	– 6 và 8
Si	– 4	Na	– 6 và 8
Be	– 4	Ca	– 6, 7 và 8
Zn	– 4	Li	– 6
Al	– 4 (5) và 6	Ti	– 6
Fe^{3+}	– 4 và 6	Zr	– 6 và 8
Mg	– 6 và 8	K	– 6 và 10
Fe^{2+}	– 6 và 8	Ba	– 12

Số phối trí tăng lên khi bán kính tăng. Chỉ những nguyên tố có cùng số phối trí mới có thể thay thế nhau được vì vậy những quan niệm cũ "titano silicat" và "ziacono silicat" là không đúng vì Zr^{4+} và Ti^{4+} có số phối trí lớn hơn hẳn Si^{4+}. Riêng Ti^{4+} ở nhiệt độ cao có thể thay thế được Si^{4+} trong piroxen.

2- Hình dạng tinh thể và tính chất vật lý

Hình dạng tinh thể và cách ghép các gốc ion âm của silicat có mối quan hệ rất mật thiết với nhau. Silicat có các tứ diện riêng lẻ trong kiến trúc thường có tinh thể đẳng thước. Ví dụ, dạng hạt olivin, granat. Silicat có các vòng gồm các tứ diện trong kiến trúc thường thấy tinh thể dạng trụ như berin, tuamalin; phương kéo dài của nó thẳng góc với mặt phẳng chứa gốc anion vòng. Silicat có kiến trúc gồm những mạch tứ diện thường có tinh thể dạng hình kim, hình trụ kéo dài theo một phương; phương kéo dài của chúng trùng với phương kéo dài của gốc anion trong kiến trúc tinh thể như piroxen và amfibon. Silicat lớp thường có tinh thể dạng vẩy, dạng tấm, tinh thể kéo dài theo hai phương phù hợp với hai phương kéo dài của gốc anion, ví dụ mica, clorit. Silicat khung có các tứ diện nối với nhau theo ba phương trong không gian, tuỳ theo sự phân bố các mối liên kết mà hình dạng có thể kéo dài theo ba phương thành dạng hạt như lơxit, cũng có thể kéo dài theo một phương thành dạng trụ như fenpat.

Các tứ diện oxit - silic mang điện tích âm là những đơn vị kiến trúc cơ bản của silicat, chúng liên hệ với các ion dương chung quanh bởi mối liên kết ion. Do đó về tính chất vật lý thường thấy có ánh thủy tinh, trong suốt, chiết suất nói chung không cao, tính vững bền hóa học cao, khó hòa tan, khó nóng chảy, màu sắc nói chung nhạt hoặc không màu. Khi trong thành phần có chứa Fe, Mn, Ti, Cr thì màu sẫm hơn. Về phương hướng cũng như trình độ cát khai có liên quan mật thiết với kiến trúc của gốc anion. Tỷ trọng của silicat nói chung không lớn lắm. Tỷ trọng của silicat đảo lớn hơn tỷ trọng của silicat vòng, silicat lớp và silicat khung. Còn tỷ trọng của silicat mạch thì nằm trung gian giữa chúng. Độ cứng của khoáng vật silicat có liên quan mật thiết với điện lượng, bán kính ion, số phối trí của ion dương. Các silicat chứa nước nói chung độ cứng thấp hơn silicat không nước.

3- Nguồn gốc

Nguồn gốc của silicat rất phức tạp, chúng có thể được thành tạo trong nguồn gốc nội sinh, ngoại sinh và biến chất.

Trong quá trình tạo khoáng nội sinh, đặc biệt trong giai đoạn kết tinh macma hình thành một khối lượng khá lớn silicat là thành phần chủ yếu của các đá macma bao gồm cả khoáng vật sáng màu và khoáng vật sẫm màu. Trong quá trình tạo khoáng ngoại sinh, những khoáng vật do tác dụng phong hóa và trầm tích hình thành các silicat lớp rất điển hình, gồm tuyệt đại đa số là các khoáng vật sét tạo thành vỏ phong hóa và những tầng trầm tích dày.

Ngoài ra, tác dụng biến chất cũng sản sinh ra nhiều loại khoáng vật silicat có thể làm dấu hiệu điển hình cho nguồn gốc.

4- Phân loại silicat

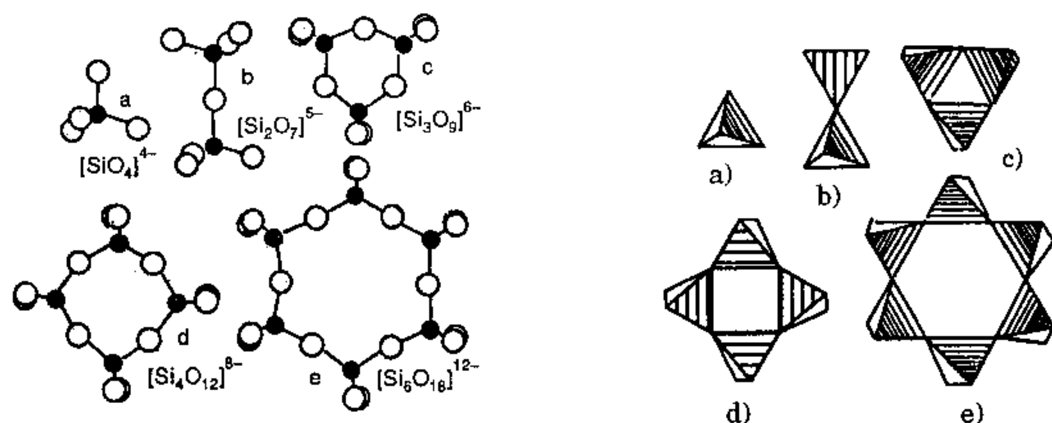
Trước khi có tia X, người ta đã nghiên cứu và đưa ra nhiều cách phân loại silicat, nhưng tất cả những cách phân loại đó đều thiếu khoa học và không chính xác.

Nhờ kết quả của những công trình nghiên cứu kiến trúc tinh thể bằng tia X và dựa trên sự phân tích hóa học tinh thể người ta đã phân silicat thành những lớp phụ với những đặc điểm sau.

Lớp phụ A

Silicat có tứ diện riêng lẻ trong kiến trúc tinh thể gọi là *silicat đảo*.

Các anion phức tạp là những tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ đứng riêng lẻ trong kiến trúc tinh thể, nghĩa là không có ion oxi nào của các tứ diện này lại chung cho tứ diện khác (H.13.3a).



Hình 13.3 *Các tứ diện và nhóm tứ diện riêng lẻ $[SiO_4]^{4-}$ (biểu diễn theo hai cách):*

a) Một tứ diện riêng lẻ $[SiO_4]^{4-}$

b) Nhóm gồm có hai tứ diện nối với nhau bởi một đỉnh $[Si_2O_7]^{6-}$

c) Nhóm gồm ba tứ diện nối thành vòng $[Si_3O_9]^{6-}$

d) Nhóm gồm bốn tứ diện nối thành vòng $[Si_4O_{12}]^{8-}$

e) Nhóm gồm sáu tứ diện nối thành vòng $[Si_6O_{18}]^{12-}$

Ví dụ: những khoáng vật olivin – $(Mg, Fe)_2[SiO_4]$; ziacon – $Zr[SiO_4]$.

Lớp phụ B

Các silicat có nhóm tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ riêng lẻ trong kiến trúc tinh thể.

Kiểu 1: Có nhóm gồm hai tứ diện riêng lẻ $[Si_2O_7]^{6-}$ gọi là *silicat đảo kép*: hai tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ gắn liền với nhau ở một đỉnh chung (H.13.3b).

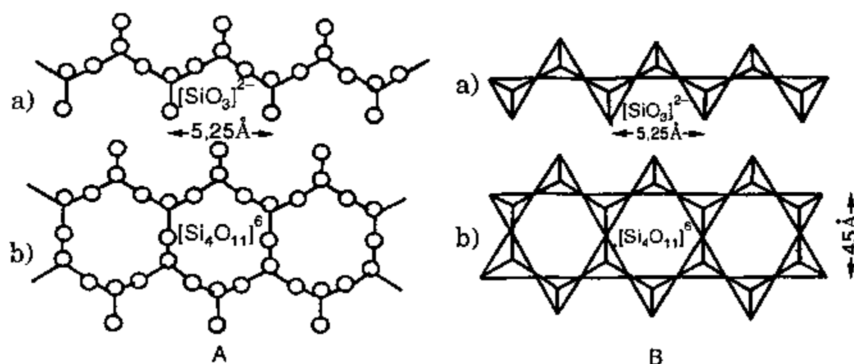
Kiểu 2: Có anion vòng $[Si_nO_{3n}]^{2n-}$ gọi là *silicat vòng*. Các tứ diện ghép với nhau thành một vòng kín, có vòng ba tứ diện, vòng bốn tứ diện và vòng sáu tứ diện (H.13.3c, d, e).

Lớp phụ C

Các silicat có mạch gồm nhiều tứ diện liên tục $[SiO_4]^{4-}$ trong kiến trúc tinh thể, gọi là *silicat mạch*.

Trong kiến trúc tinh thể mỗi tứ diện đều có hai đỉnh chung với hai tứ diện kề bên, tạo thành mạch liên tục. Lớp phụ này có hai kiểu:

Kiểu 1: Silicat mạch đơn (H.13.4a), gốc anion phức tạp có thể biểu diễn bằng công thức $[SiO_3]^{2-}$. Các khoáng vật nhóm piroxen có kiến trúc kiểu này.

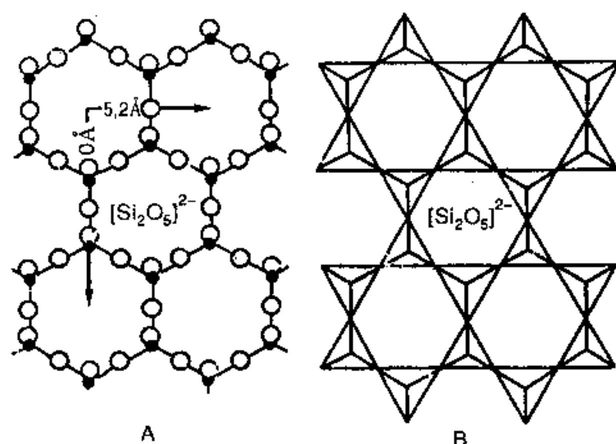


Hình 13.4 *Kiểu tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ kéo dài liên tiếp thành mạch*
a) Mạch đơn; b) Mạch kép
A- Biểu diễn kiến trúc theo các ion; B- Biểu diễn kiến trúc theo các tứ diện
Các đỉnh của tứ diện hướng về người đọc vẽ đậm

Kiểu 2: Silicat mạch kép (H.13.4b), gốc anion phức tạp có thể biểu diễn bằng công thức $[Si_4O_{11}]^{6-}$. Các khoáng vật nhóm amfibon thuộc kiểu này.

Lớp phụ D

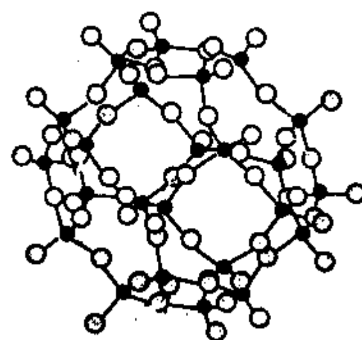
Các silicat có lớp tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ liên tục trong kiến trúc tinh thể gọi là *silicat lớp*. Trong kiến trúc tinh thể mỗi tứ diện đều có ba đỉnh chung với các tứ diện kề bên. Các đỉnh thứ tư có oxi hoạt động thì cùng hướng về một phía. Công thức hóa học của gốc anion phức tạp có thể biểu diễn là $[Si_2O_5]^{2-}$ (H.13.5). Các khoáng vật mica, clorit thuộc lớp phụ này.



Hình 13.5 *Lớp tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ có kiến trúc sáu phương*

A- Biểu diễn kiến trúc theo các ion

B- Biểu diễn kiến trúc theo các tứ diện



Hình 13.6 *Khung alumosilic - oxi trong kiến trúc tinh thể của nozean*

Lớp phụ E

Các silicat có các tứ diện nối liền với nhau thành khung theo ba phương trong không gian gọi là *silicat khung*. Trong kiến trúc tinh thể mỗi ion oxi đều đồng thời thuộc hai tứ diện, không có đỉnh nào của tứ diện có oxi hoạt động tự do (H.13.6). Thuộc lớp phụ này có các khoáng vật nhóm fenpat, nhóm scapolit, lơxit, v.v...

Như vậy, tất cả các kiểu kiến trúc khác nhau của silicat có thể tóm tắt trong bảng phân loại kiến trúc silicat theo tỷ lệ Si : O trong các gốc anion (bảng 13.2).

Bảng 13.2 *Phân loại anion - oxit silic theo tỷ lệ Si : O*

Si : O	Công thức và kiến trúc anion	Điện lượng anion	Điện lượng âm phân cho một Si	Ví dụ
1 : 4	$[SiO_4]$ tứ diện	– 4	– 4	Focsterit $Mg_2\ SiO_4$
2 : 7 1 : 3 1 : 3 1 : 3	$[Si_2O_7]$ tứ diện kép $[Si_3O_9]$ vòng 3 tứ diện $[Si_4O_{12}]$ vòng 4 tứ diện $[Si_6O_{18}]$ vòng 6 tứ diện	– 6 – 6 – 8 – 12	– 3 – 2 – 2 – 2	Tocvaytit – $Sc_2[Si_2O_7]$ Benitoit – BaTi $[Si_2O_8]$ Axinit – $(Ca, Mn, Fe)_3$ $Al_2\ (BO_3)\ [Si_4O_{12}]\ (OH)$ Berin – $Be_2Al_2[Si_6O_{18}]$
1 : 3 4 :11	$[SiO_3]_n$ mạch đơn $[Si_4O_{11}]_n$ mạch kép	– 2n – 6n	– 2 – 1,5	Điopxit – CaMg $[Si_2O_6]$ Tremolit–
2 : 5	$[Si_2O_5]_n$ lớp	– 2n	– 1	Tan – $Mg_3\ [Si_2O_5]\ (OH)_2$
$\frac{n-x}{2n}$	$[(Al_xSi_{n-x})O_{2n}]$ khung	– x	$-\frac{x}{n-x}$	Anbit – Na $[Si_3AlO_8]$

Lớp phụ A

SILICAT CÓ TỨ DIỆN $[SiO_4]^{4-}$ RIÊNG LẺ TRONG KIẾN TRÚC TINH THỂ - SILICAT ĐẢO

Các silicat thuộc lớp phụ này có những tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ đứng riêng lẻ trong kiến trúc tinh thể như những hòn đảo, nên được gọi là silicat đảo.

Những cation chính trong thành phần các hợp chất của lớp phụ này là Mg^{2+} Fe^{2+}, Ca^{2+} và một phần Ni^{2+}, Co^{2+}, Mn^{2+}, Cr^{3+}, đôi khi Pb^{2+}, Be^{2+}, Ti^{4+}, Zr^{4+}, Th^{4+}. Rất hiếm thấy các cation kim loại kiềm. Trong lớp phụ này chỉ gặp silicat alumin, tuyệt nhiên không có alumosilicat.

Do kiến trúc tinh thể của chúng chặt chẽ, nên các khoáng vật trong lớp phụ này có độ cứng cao, tỷ trọng lớn, chiết suất lớn. Phần lớn các khoáng vật này có màu nhạt hoặc không màu.

1- Nhóm ziacon

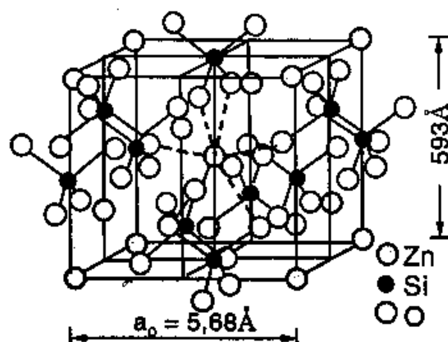
Công thức chung của nhóm này có dạng R $[SiO_4]$, trong đó R là Zr^{4+}, Th^{4+}. Kết tinh trong tinh hệ bốn phương.

Ziacon - $Zr[SiO_4]$

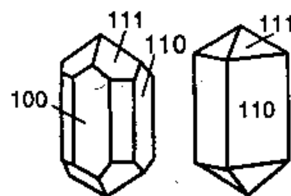
Tên gọi từ chữ Ba Tư "Zargun" nghĩa là "màu vàng".

Thành phần hóa học: ZrO_2 : 67,1% (Zr : 49,5%). SiO_2 : 32,9%. Thường chứa hafni (có khi tới 4%), các nguyên tố đất hiếm, titan và đôi khi chứa urani, thori.

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp đôi bốn phương kép: L_44L_25PC. Nhóm không gian $-I4/amd$; a_o = 6,58; c_o = 5,93. *Kiến trúc tinh thể*: Có kiến trúc gốc ion điển hình gồm có anion $[SiO_4]^{4-}$ và các cation Zr^{4+}. Mỗi cation Zr^{4+} có 8 ion oxi xung quanh (H.13.7). *Hình dạng tinh thể:* Có dạng cột ngắn, đẳng thước, dạng hình tháp hiếm hơn (H.13.8). Đôi khi gặp song tinh hình khuỷu, giống song tinh của rutin.



Hình 13.7 *Kiến trúc tinh thể của ziacon*



Hình 13.8 *Các tinh thể ziacon*

Tính chất vật lý: Đôi khi không màu, thường có màu vàng, da cam, đỏ, có khi màu lục. Ánh kim cương Ng = 1,1908 ~ 2,015, Nm = 1,923 ~ 1,960. Độ cứng 7 - 8. Dòn. Cát khai trung bình theo {110}. Tỷ trọng 4,86 – 4,70. Thường có tính phóng xạ (vì có chứa thori).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong các đá macma xâm nhập như sienit, granit, điorit, ta thấy ziacon là khoáng vật phụ phân tán.

Ziacon phổ biến trong các pecmatit kiềm, cộng sinh với mutcovit, nefelin, anbit, apatit và các khoáng vật khác có chứa những nguyên tố đất hiếm TR, Nb, Ta, Th, U. Tinh thể thường không lớn lắm, kích thước không quá 1 cm, đôi khi có tinh thể khá lớn (nặng tới 3500g).

Thường ở trong granit thì ziacon có dạng hình trống với hai đầu nhọn và trong suốt không màu; còn trong mạch pecmatit thì ziacon có dạng lăng trụ đẳng thước, lăng trụ lưỡng tháp, không trong suốt và có màu đậm.

Ziacon là khoáng vật vững bền nên nó có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Màu thường vàng tới đỏ hoặc có dạng tinh thể đặc trưng. Phân biệt với rutin do độ cứng và chiết suất. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không hòa tan trong axit.

Ở Việt Nam gặp ziacon trong sa khoáng cùng với saphir có liên quan với nguồn gốc bazan kiềm Kainozoi. Ziacon có màu đỏ hồng, trong suốt, ánh kim cương mạnh, hạt lớn hơn 5 mm có giá trị thương phẩm trên thị trường đá quý mới gặp ở mỏ Đá Bàn (Bình Thuận), Lạc Sơn, Gia Kiệm (Đồng Nai), Đak Nông (Đak Lak), Ngọc Yêu (Kon Tum), Biển Hồ (Pleicu).

Các khoáng sàng đáng kể trên thế giới ở Nam Na Uy, Braxin, Mađagatca, Xrilanca.

Công dụng: Dùng để lấy ZrO_2 có tính chịu lửa và chịu axít, để chế các loại lò và gạch chịu lửa, ximăng chịu lửa. Chế các lò điện và chế men trắng bền.

Ziaconi nguyên chất rất dẻo dùng để chế các dụng cụ nghiên cứu khoa học thay cho bạch kim, và dùng để chế tạo pin nhiệt điện. Trộn ziaconi với một lượng nhất định vào thép, đồng,... làm tăng độ cứng và tính vững bền hóa học của các hợp kim đó.

Khoáng vật ziacon là quặng để lấy hafni, dùng trong kỹ thuật điện và vô tuyến điện, phủ mặt âm cực của ống rơngen. Loại tinh thể lớn, màu đẹp có thể làm đồ trang sức.

2- Nhóm olivin

Công thức chung của nhóm này là $R_2[SiO_4]$; R chủ yếu là Mg^{2+}, Fe^{2+} đôi khi có cả Mn^{2+} do bán kính ion của Mg^{2+} và Fe^{2+} xấp xỉ nhau nên có thể tạo thành một loạt đồng hình giữa $Mg_2[SiO_4]$ – $Fe_2[SiO_4]$ rất phổ biến trong tự nhiên, nhưng bản thân từng cấu tử riêng biệt này lại ít gặp. Chúng ta thường thấy nhất là những hợp chất trung gian, tức olivin $(Mg, Fe)_2[SiO]_4$...

Olivin - $(Mg, Fe)_2 [SiO_4]$

Tên gọi theo màu xanh quả ôliu của khoáng vật này.

Peridot, crizolit cùng đồng nghĩa với olivin, chúng đều là các loại đá bán quý.

Thành phần hóa học: Không cố định MgO: 50 - 45%; FeO; 8 - 12%; NiO: 0,1 - 0,3%; CoO: 0,01%, đôi khi có Mn. Loại giàu Fe gọi là fayalit, loại giàu Mg gọi là fosterit.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: $3L_2 3PC$. Nhóm không gian $D_{2h}^{16} - P6nm$; $a_o = 4{,}77$ ÅÅ; $b_o = 10{,}28$ Å; $c_o = 6{,}00$ Å.

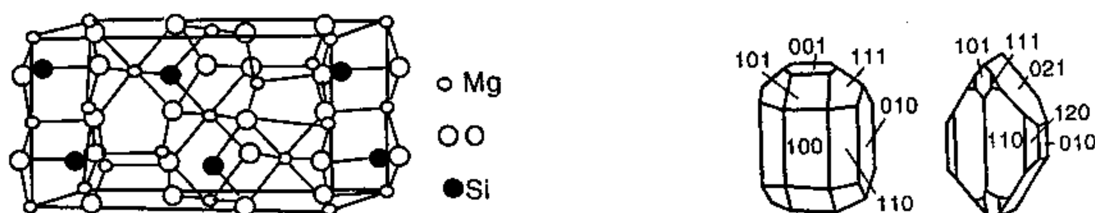
Kiến trúc tinh thể: khá phức tạp, trong đó mỗi ion Si^{4+} có bốn oxi vây quanh mỗi ion Mg^{2+} hoặc Fe^{2+} có 6 oxi vây quanh (H.13.9).

Hình dạng tinh thể: Olivin thường thành tinh thể dạng hạt. Hiếm khi gặp các tinh thể đẹp. Các đơn hình thường gặp là {100},{110},{010},{111}và {001} (H.13.9).

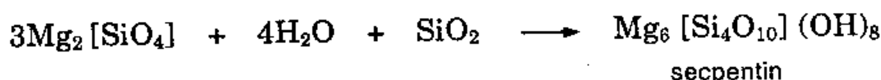
Tính chất vật lý: Mầu vàng sẫm tới lục, đôi khi không màu trong suốt. Ánh thủy tinh. Độ cứng 6,5 - 7. Dòn. Cát khai không hoàn toàn theo (010). Tỷ trọng 3,3 - 3,5.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Olivin thành tạo chủ yếu trong các đá macma siêu bazơ như đá dunit gồm hầu như toàn bộ là olivin, đá periđotit gồm có olivin và piroxen. Trong các đá bazơ như gabro, diabaz, bazan cũng có chứa olivin.

Trong quá trình biến chất nhiệt dịch ở sâu, olivin thường biến đổi thành secpentin và manhetit. Phản ứng xẩy ra như sau:



Hình 13.9 *Kiến trúc và các tinh thể của olivin*



$$3Mg_2[SiO_4] + 4H_2O + SiO_2 \longrightarrow \underset{\text{secpentin}}{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8}$$



$$4Mg_2[SiO_4] + 4H_2O + 2CO_2 \longrightarrow \underset{\text{secpentin}}{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8} + \underset{\text{manhezit}}{2MgCO_3}$$

Trong điều kiện phong hóa olivin không vững bền, ion Fe^{2+} trog thành phần của nó bị oxi hóa thành Fe^{3+}, do đó, làm cho kiến trúc bị phá hủy.

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng lục, ánh thủy tinh. Vết vỡ vỏ chai. Thường gặp nó cộng sinh với các khoáng vật trong đá bazơ và siêu bazơ. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không hòa tan trong HCl, ở dạng bột hòa tan mạnh trong H_2SO_4

Ở Việt Nam olivin có trong các đá siêu bazơ Thanh Hóa, Tạ Khoa; trong các đá bazan ở Vạn Yên (sông Đà), Liên Sơn (Tam Đảo), Soc Lu (Đồng Nai), thác Prenn (Lâm Đồng) đều tìm thấy olivin dưới dạng tinh thể riêng biệt hoặc tập hợp hạt trong "bom núi lửa" peridotit đưa từ dưới sâu lên.

Peridot chủ yếu gặp ở Gia Lai có màu lục, lục vàng, vàng chanh, độ trong suốt cao, ánh thủy tinh là một loại đá bán quý có chất lượng ngang hàng với các loại peridot khác có giá trị trên thị trường đá quý. Phân tích microsond cho thấy peridot ở đây thuộc loại fosterit (loại olivin giàu magie).

Trên thế giới có ở Ấn Độ, Ai Cập, Braxin.

Công dụng: Loại olivin chứa ít sắt dùng để chế tạo gạch chịu lửa. Các tinh thể đẹp nhiều màu sắc dùng làm ngọc quý, làm đồ trang sức.

3- Nhóm đisten

Nhóm này gồm **có** đisten và anđaluzit. Thành phần của chúng giống như silimanit (xếp vào silicát mạch). Kiến trúc tinh thể của chúng rất phức tạp. Trong đisten Al^{3+} đều có số phối trí là 6. Trong anđalulit một nửa số Al^{3+} có số phối trí là 5.

Đisten - $Al_2[SiO_4]O$

Chữ Hy Lạp "di" là 2, "stenos" là cứng, vì nó có độ cứng khác nhau theo hai phương.

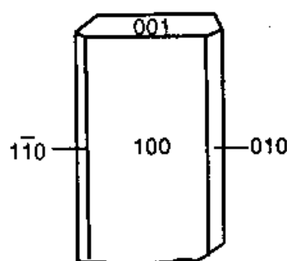
Đisten còn có tên gọi là kianit, từ chữ Hy Lạp "kianos" là "màu xanh".

Thành phần hoá học: Al_2O_3 : 63,1%; SiO_2 : 36,9%. Thường có chứa Fe_2O_3, Cr_2O_3, CaO, FeO và TiO_2.

Tinh hệ: Ba xiên. Dạng đối xứng: C. Nhóm không gian $C_i^1 - P\bar{1}$; a_o = 7,09 Å; b_o = 7,72 Å; c_o = 5,56 Å; α = 90°05'; β = 101°02'; γ = 106°44'. *Hình dạng tinh thể:* Thường có dạng tấm phẳng. Các đơn hình thường là {100}, {010} và {110} (H.13.10). Thường gặp song tinh, mặt song tinh (100), trục song tinh thẳng góc với (100).

Dạng tập hợp thường gặp là dạng que và dạng phóng tỏa.

Tính chất vật lý: màu xanh da trời, đôi khi lục, vàng, hiếm khi không màu. Ánh thủy tinh , độ cứng khác nhau theo các phương. Trên mặt (100) theo chiều kéo dài của tinh thể (song song với trục C) độ cứng 4,5; theo chiều thẳng góc là 6. Trên mặt (010) và (110) độ cứng 7. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo {100}. Tỷ trọng 3,56 - 3,68.



Hình 13.10 *Tinh thể disten*

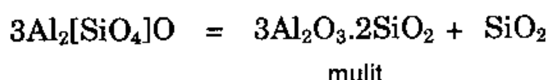
Nguồn gốc khoáng sàng: Đisten thành tạo chủ yếu trong các đá phiến kết tinh do các đá giàu nhôm bị biến chất ở dưới sâu chịu áp suất rất lớn. Có thể lấy ví dụ các khoáng vật sét trải qua biến chất khu vực thành đisten. Phản ứng có thể viết:



$$Al_2[Si_2O_5](OH)_4 \text{ (kaolin)} \longrightarrow Al_2[SiO_4]O \text{ (đisten)} + 2H_2O + SiO_2$$

Thường đisten cộng sinh với mica và những khoáng vật khác như corinđon, tuamalin đôi khi rutin, storolit, v.v... Đisten là khoáng vật vững bền nên nó có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Màu xanh da trời. Độ cứng khác nhau theo hai phương trên mặt (100). Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không hoà tan trong axit HCI. Nung lên 1380° bị phá hủy tạo thành *mulit* theo sơ đồ:



$$3Al_2[SiO_4]O = \underset{\text{mulit}}{3Al_2O_3.2SiO_2} + SiO_2$$

Đisten có nhiều trong các đá phiến kết tinh ở ven sông Hồng (vùng Phú Thọ) thành tinh thể lớn hay tập hợp phóng tỏa. Đisten còn gặp trong các đới biến chất cổ miền tây Nghệ An.

Trên thế giới có nhiều ở Nga, Ấn Độ, Bắc Mỹ.

Công dụng: Nung lên ở nhiệt độ cao biến thành mulit, là nguyên liệu chịu lửa tốt, rất bền về cơ học và trơ về hoá học, được dùng nhiều trong luyện kim và công nghiệp gốm sứ.

Đisten là quặng quan trọng để chế silumin là hợp kim của silic và nhôm.

Anđaluzit - $Al_2[SiO_4]O$

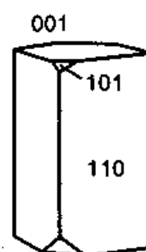
Tên gọi từ tỉnh Anđaluzia ở Tây Ban Nha, nơi người ta tìm thấy khoáng vật này.

Thành phần hoá học: Giống đisten. Thường có chứa Fe_2O_3, Mn_2O_3.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi $3L_2PC$. Nhóm không gian D_{2h}^{12} - *Pnnm*; $a_o = 7{,}76\,\text{Å}$; $b_o = 7{,}90\,\text{Å}$; $c_o = 5{,}56\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Dạng lăng trụ, có tiết diện gần vuông, các đơn hình chính thường gặp là {110}, {101}và {001} (H.13.11). Tập hợp hạt hay phóng tỏa.

Trong sét - than gặp những tinh thể có cấu tạo bên trong đặc biệt gọi là *chiastolit*. Cacbon lẫn vào tập trung lại ở bên trong thành hình chữ thập rất đều đặn (H.13.12).



Hình 13.11: *Tinh thể andaluzit*



Hình 13.12 *Tiết diện ngang của chiastolit*

Tính chất vật lý: Màu xám, vàng; có khi nâu hồng đỏ, lục sẫm; đôi khi không màu. Ánh thủy tinh. Độ cứng 7 - 7,5. Cát khai rõ rệt theo (110). Tỷ trọng 3,1 - 3,2.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật có nguồn gốc biến chất tiếp xúc, có trong đá phiến sét - than hoặc đá phiến sét, trong các đá macma phun trào bị biến đổi do ảnh hưởng của granit xâm nhập; một số có nguồn gốc biến chất khu vực.

Đặc điểm nhận biết: Dạng tinh thể lăng trụ, có tiết diện gần vuông, độ cứng cao.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Cũng như đisten nung lên 1380^{0}C bị phá hủy thành tạo mulit. Không bị axít phá hủy.

Ở nước ta có anđaluzít trong đá phiến sét đen bị biến chất ở Phong Thổ (Lào Cai).

Công dụng: Giống như đisten, nhưng trong tự nhiên anđaluzit hiếm hơn đisten nhiều.

4- Nhóm granat

Nhóm này gồm nhiều khoáng vật thành phần hóa học phức tạp. Hiện tượng thay thế đồng hình rất phổ biến. Đây là nhóm khoáng vật được nghiên cứu tương đối sâu.

Granat

Tiếng la tinh "Granatus" nghĩa là giống như hạt vì tinh thể dạng đẳng thước. Tên granat là tên chung của các loạt thay thế hình trong kiến trúc.

Nhóm này có công thức chung là R_3^{2+} R_2^{3+} $[SiO_4]_3$

với R^{2+} = Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} và Ca^{2+}

R^{3+} = Al^{3+}, Fe^{3+}, Cr^{3+}

Nhóm này gồm có hai loạt đồng hình:

1- *Loạt anmanđin* $(Mg, Fe, Mn)_3 Al_2[SiO_4]_3$ gồm ba khoáng vật:

Anmanđin $Fe_3Al_2 [SiO_4]_3$

Spesactin $Mn_3Al_2 [SiO_4]_3$

Pirop $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$

2- *Loạt anđrađit* $Ca_3 (Al, Fe, Cr)_2 [SiO_4]_3$ gồm ba khoáng vật:

Groxule $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$

Anđrađit $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$

Uvarovit $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$

Chúng ta sẽ mô tả chung các tính chất của những khoáng vật đó.

Thành phần hóa học: Xem bảng 13.3.

Bảng 13.3 *Thành phần hóa học của grơnai (theo trọng lượng %)*

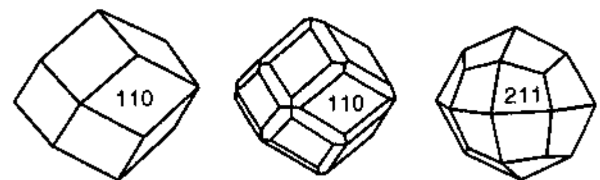
Khoáng vật	MgO	FeO	MnO	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	Cr_2O_3	SiO_2
Pirop	29,8				25,4	–	–	14,8
Anmanđin	–	43,3	–	–	20,5	–	–	36,2
Spesactin	–	–	43,0	–	20,6	–	–	36,4
Grozule	–	–	–	37,3	22,7	–	–	40,0
Andrađit	–	–	–	33,0		32,5	–	36,5
Uvarovit	–	–	–	33,5	–		30,6	35,9

Các cation Mg^{2+} và Fe^{2+} và cả Fe^{3+} và Mn^{2+} có thể thay thế nhau theo tỷ lệ bất kỳ; nhưng rất hiếm các granat Mg, Mn. Các granat Cr cũng hiếm.

Trong thành phần granat đôi khi cũng có ít K_2O, Na_2O, P_2O_5, V_2O_5, ZrO_2, BeO, v.v...

Tinh hệ: Lập phương. Dạng đối xứng bát diện sáu $3L_4 4L_3 3L_4 4L_3 6L_2 9PC$. Nhóm không gian $O_h^{10} - Ia3d$; a_o = 11,51 Å ~ 11,83 Å.

Hình dạng tinh thể: Phổ biến nhất là dạng 12 mặt thoi {110}. Có thể có dạng 24 mặt tứ giác {211}. Có khi là tụ hình gồm cả hai đơn hình (H.13.13). Trên các mặt thường có sọc song song với đường chéo góc dài.



Hình 13.13 *Các tinh thể granat*

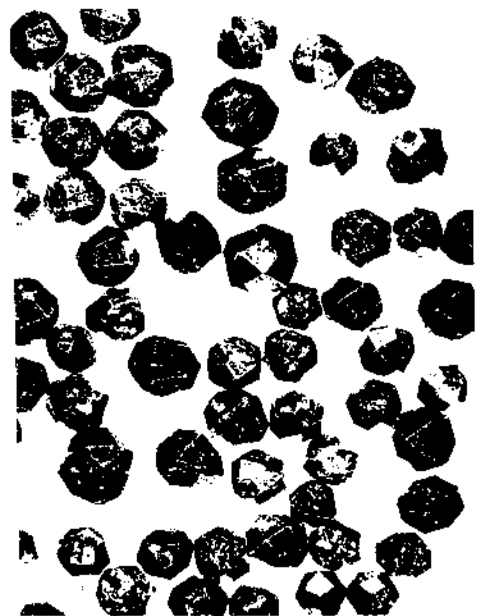
Thường có dạng tập hợp đặc xít, hoặc tinh thể riêng biệt trong đá phiến kết tinh (H.13.14).

Tính chất vật lý: Có nhiều màu khác nhau, loại không màu rất hiếm. Ánh thủy tinh. Độ cứng 6,5 - 7,5. Cát khai thường không thấy. Granat có màu sắc đẹp được xếp vào loại đá bán quý (bảng 13.4).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Phổ biến trong skacnơ thành tạo do biến chất tiếp xúc trao đổi giữa đá cacbonat và đá macma trung tính, axit.

Trong các đá phiến kết tinh, granat là khoáng vật mới được thành tạo, đi cùng mica, thạch anh, đisten, silimanit, v.v...

Granat cũng thấy trong nguồn gốc pecmatit, thường gặp spesactin.



Hình 13.14 *Các tinh thể granat*

Granat là khoáng vật tương đối vững bền nên có trong sa khoáng.

Bảng 13.4 *Tính chất vật lý của granat*

Khoáng vật	Tỷ trọng	Màu	N
Pirop $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$	3,51	Đỏ sẫm, đỏ phớt hồng, đen	1,705
Anmandin $Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	4,25	Đỏ, đỏ nâu, đen	1,830
Spesactin $Mn_3Al_2[SiO_4]_3$	4,18	Đỏ sẫm, vàng da cam, nâu	1,800
Grozule $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	3,53	Vàng đồng, lục nhạt, nâu đỏ	1,735
Anđrađit $Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$	3,75	Vàng phớt lục, đỏ nâu, đen,	1,895
Uvarovit $Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$	3,52	Lục êmơrốt	1,870
Soclomit $Ca_3(Al, Fe, Ti)_2[(Si, Ti)O_4]_3$	3,88	Đen, đen nâu	2,7

Đặc điểm nhận biết: Dạng tinh thể. Độ cứng cao và tỷ trọng trung bình. Tương đối dễ nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi (trừ granat crom). Hòa tan trong axit HCl (trừ anđrađit khó hòa tan).

Ở Việt Nam granat rất phổ biến trong các đới biến chất cổ sông Hồng và trong các hệ tầng biến chất của khối nhô Kon Tum. Thành phần chính của granat ở đây chủ yếu là anmandin cộng sinh với mutcovit, biotit, disten, silimanit,v.v... Kích thước hạt granat từ vài milimet đến chục centimet.

Những tinh thể pirop màu đỏ sẫm, trong suốt có giá trị trang sức tìm thấy ở Lạc Sơn (Đồng Nai), Biển Hồ, Bàu Ba (Gia Lai) trong aluvi, deluvi gần các họng núi lửa bazan.

Các tinh thể *demantoit* (một loại anmandin màu vàng lục, trong suốt) được phát hiện ở Eakhal (Đak Lak) có ánh kim cương mạnh là một loại granat có giá trị thương mại ở nước ta. Ở Lục Yên (Yên Bái), granat được khai thác là loại anmandin chứa nhiều bao thể được tạo thành trong quá trình biến chất.

Còn trên thế giới có ở Nga (Karêli, Uran), Tiệp khắc và Mỹ.

Công dụng: Dùng làm nguyên liệu mài, làm giấy nhám để đánh nhẵn gỗ, da, cao su. Loại đẹp dùng làm đồ trang sức.

5- Nhóm storolit

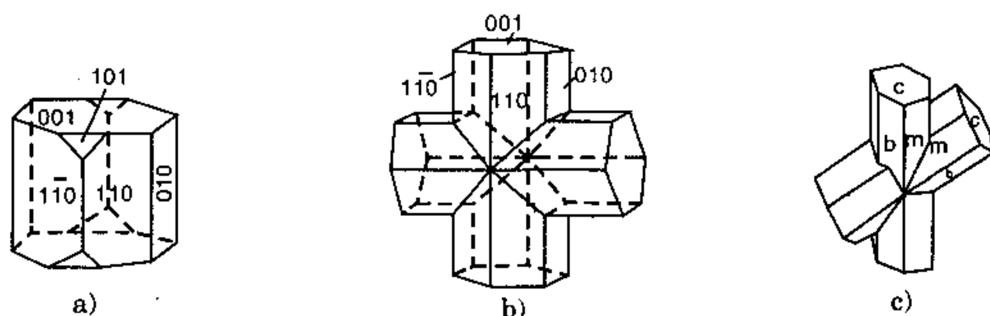
Nhóm này rất giống nhóm đisten về các tính chất và điều kiện sinh thành.

Storolit: $Fe^{2+}Al_4[SiO_4]_2O_2(OH)_2$ hay là $2Al_2O_3[SiO_4]Fe(OH)_2$

Tên gọi từ chữ Hy lạp "storos" nghĩa là "chữ thập" vì khoáng vật này có song tinh dạng chữ thập rất điển hình.

Thành phần hóa học: FeO: 15,8%, Al_2O_3: 55,9%, SiO_2: 26,3%, H_2O: 2,0%. Có thể chứa Mn, Ni, Co.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: $3L_23PC$. Nhóm không gian D_{2h}^{17}–$Ccmm$; $a_o = 7{,}81\,\mathring{A}$; $b_o = 16{,}59\,\mathring{A}$; $c_o = 5{,}64\,\mathring{A}$. *Hình dạng tinh thể*: Các tinh thể thường có dạng lăng trụ ngắn, thường là tụ hình gồm các đơn hình {110} và {001}. Thường gặp song tinh theo (032) có hình chữ thập và song tinh theo (232) có dạng chữ thập xiên chéo (H.13.15). Hay gặp các tinh thể hoặc song tinh riêng biệt trong đá.



Hình 13.15 *a) Tinh thể storolit; b) Song tinh storolit hình chữ thập c) Song tinh storolit dạng chữ thập xiên chéo*

Tính chất vật lý: Màu đỏ nâu tới nâu đen. Ánh thủy tinh. Độ cứng 7. Cát khai rõ theo (010). Vết vỡ không bằng phẳng. Tỷ trọng 3,65 - 3,77.

Ở nước ta storolit có trong đá phiến kết tinh Phong Thổ, Lạng Sơn và Nghệ An.

Srotolit có nhiều ở đông Xibia, nam Uran và Ukraina.

Công dụng: Không có công dụng thực tiễn.

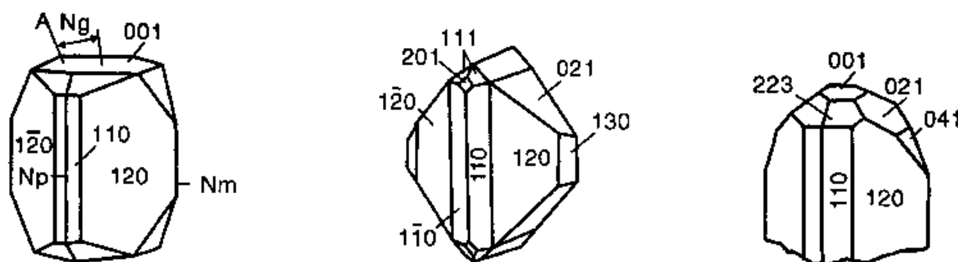
6- Nhóm topa

Topa - $Al_2(F, OH)_2[SiO_4]$

Tên gọi từ chữ "topazos" là tên một hòn đảo ở Hồng Hải; topa còn gọi là *hoàng ngọc*.

Thành phần hóa học: Al_2O_3: 62 - 48,2%; SiO_2: 39 - 28,2%; F: 13 - 20,4%; H_2O tới 2,45%.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: $3L_23PC$. Nhóm không gian D_{2h}^{16} – $P6nm$; $a_o = 4,641\,\text{Å}$; $b_o = 8,783\,\text{Å}$; $c_o = 8,378\,\text{Å}$.



Hình 13.16 *Các tinh thể topa*

Hình dạng tinh thể: Thường gặp các tinh thể có dạng lăng trụ, kích thước nhỏ, đôi khi khá lớn (tới 32kg). Các đơn hình thường gặp là lăng trụ {110}, {120}, {021}, {041}. Song diện {001}, tháp đôi {111}, {223} (H.13.16). Thường gặp những tinh thể riêng lẻ trong đá hoặc những tập hợp tinh thể dạng que, dạng hạt và dạng khối (H.13.17).



***Hình 13.17** Tinh thể topa*

Tính chất vật lý: Trong suốt không màu, thường gặp những tinh thể màu vàng, xanh, đỏ. Ánh thủy tinh. Cát khai hoàn toàn theo song diện {001}. Độ cứng 8. Tỷ trọng 3,52 - 3,57.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong đá macma axit và trong mạch pecmatit thành tinh đám trong hổng, cộng sinh với thạch anh, fenpat, mica, tuamalin, fluorin, berin, vonframit, v.v... Thành những bao thể nhỏ trong các vành tiếp xúc xung quanh khối xâm nhập. Đôi khi gặp trong các mạch nhiệt dịch nằm trong đá phiến và các đá gơnai. Topa có nguồn gốc nhiệt dịch giàu $(OH)^-$, có dạng lăng trụ dài hơn và có màu hồng.

Đặc điểm nhận biết: Dễ nhận biết do dạng tinh thể, độ cứng cao và cát khai hoàn toàn theo {001}. Ở dạng đặc xít giống thạch anh nhưng độ cứng cao hơn và có cát khai.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi nhưng nung mạnh thì bị đục.

Ở Việt Nam đã tìm thấy topa trong sa khoáng aluvi, deluvi ở Lộc Tân - Bảo Lộc (Lâm Đồng). Nguồn gốc nguyên sinh là từ các mạch pecmatit. Tinh thể topa có dạng lăng trụ thoi khá tự hình, kích thước đến 5 - 7cm, cá biệt vài chục centimet. Trong suốt không màu hoặc phớt vàng. Cộng sinh với topa trong mạch pecmatit còn có thạch anh tinh thể, tuamalin, octocla.

Topa còn gặp trong sa khoáng aluvi ở vùng Xuyên Mộc (Bà Rịa - Vũng Tàu) nhưng kích thước hạt nhỏ.

Trên thế giới các khoáng sàng topa lớn có ở Braxin, Zabaican và Uran (Nga).

Công dụng: Dùng làm những loại ngọc quý.

7- Nhóm sfen

Trong nhóm này chỉ nghiên cứu sfen.

Sfen - $CaTi[SiO_4]O$

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "sfen" nghĩa là "cái nêm". Đồng nghĩa với titanit.

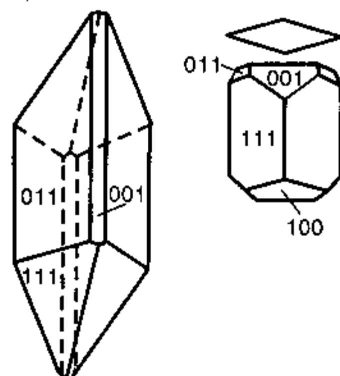
Thành phần hóa học: CaO: 28,6%; TiO_2: 40,8%; SiO_2: 30,6%. Có chứa Ce, Y, Fe, Mn, Mg.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ một xiên: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^6 - C2/c$; $a_o = 6{,}56\,\text{Å}$; $b_o = 8{,}72\,\text{Å}$; $c_o = 7{,}44\,\text{Å}$; $\beta = 119°43'\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Thường có hình lăng trụ ngắn, dẹt, có dạng tấm và dạng nêm. Các đơn hình chính thường gặp là song diện {100} và {001}, lăng trụ {110} và {111} (H.13.18). Thường gặp những tinh thể sfen riêng biệt trong đá hoặc có tập hợp dạng hạt.

Tính chất vật lý: Màu vàng, hung nâu, lục, đôi khi đỏ, xám. Cát khai không hoàn toàn theo (110). Độ cứng 5 - 6. Tỷ trọng 3,3 - 3,6.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật phụ trong đá macma (granit, sienit,) cộng sinh với fenpat, nefelin, egirin, ziacon, apatit,...



Hình 13.18 *Các tinh thể sfen*

Sfen có trong một vài loại đá biến chất (gơnai, đá phiến mica và clorit,...) là khoáng vật vững bền, có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Dạng vát nhọn đầu và màu hung sẫm. Chú ý phân biệt với granat.

Phá hủy một phần trong HCl và phá hủy hoàn toàn trong H_2SO_4 tạo thành $CaSO_4$.

Ở nước ta sfen có trong đá phiến kết tinh ở miền thượng lưu sông Hồng, sông Đà.

Trên thế giới có ở Uran (Nga), Ukraina, Thụy Điển và Ý.

Công dụng: Dùng để chế oxit titan.

Lớp phụ B

SILICAT CÓ NHỮNG NHÓM TỨ DIỆN $[SiO_4]^{4-}$ RIÊNG LẺ TRONG KIẾN TRÚC TINH THỂ

I. SILICAT ĐẢO KÉP

Trong mạng tinh thể của silicat đảo kép có từng nhóm $[Si_2O_7]^{6-}$ gồm hai tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ có một đỉnh chung. Trong số các khoáng vật silicat đảo kép ta chỉ quan sát hai nhóm khoáng vật là calamin và epiđot.

1. Nhóm calamin

Trong nhóm này chúng ta chỉ nghiên cứu khoáng vật calamin.

Calamin - $Zn_4[Si_2O_7](OH)_2.H_2O$

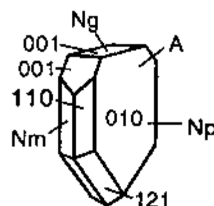
Tên gọi từ chữ La tinh "calamus" nghĩa là "cây sậy" (vì thường có dạng thạch nhũ kéo dài). Ngoài ra còn có tên là "dị cực khoáng" vì khi tích điện thì hai đầu tinh thể mang dấu điện khác nhau.

Thành phần hóa học: ZnO: 67,5%; SiO_2: 25%; H_2O: 7,5%.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: L_22P. Nhóm không gian $C_{2v}^{20} - Imm^2$; $a_o = 10,72\,\text{Å}$; $b_o = 8,40\,\text{Å}$; $c_o = 5,12\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể có dạng dẹt. Là tụ hình gồm các đơn hình: song diện {001}, lăng trụ {110} và tháp {121} (H.13.19).

Thường có tập hợp dạng vỏ cầu với cấu tạo phóng tỏa. Cũng gặp dạng thận, dạng thạch nhũ. Hiếm gặp dạng hạt, dạng đất.



Hình 13.19 *Tinh thể calamin*

Tính chất vật lý: Thường không màu hoặc màu xám, màu trắng đục và màu xanh da trời. Đôi khi màu vàng, màu lục. Ánh thủy tinh. Độ cứng 4 - 5. Cát khai hoàn toàn theo (110). Không hoàn toàn theo (010).

Tỷ trọng 3,4 - 3,5. Khi nung lên hai đầu có dấu điện khác nhau.

Nguồn gốc khoáng sàng: Thành tạo trong điều kiện ngoại sinh, trong đới oxi hóa của các khoáng sàng sunfua chì kẽm.

Cũng có thể là khoáng vật nguyên sinh có nguồn gốc nhiệt dịch.

Đặc điểm nhận biết: Theo hình dạng tinh thể. Phân biệt với smitsonit là hòa tan trong oxit không phân ly CO_2 mà cho ta keo silit.

Hầu như không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi.

Nước ta có calamin ở Tràng Đà (Tuyên Quang), Chợ Điền (Bắc Cạn). Trên thế giới có ở Ba lan, (Liên bang Nga).

Công dụng: Là quặng kẽm.

2- Nhóm Epiđot

Epiđot - Ca_2 (Al, Fe)$_3$ [Si_2O_7] [SiO_4] O (OH)

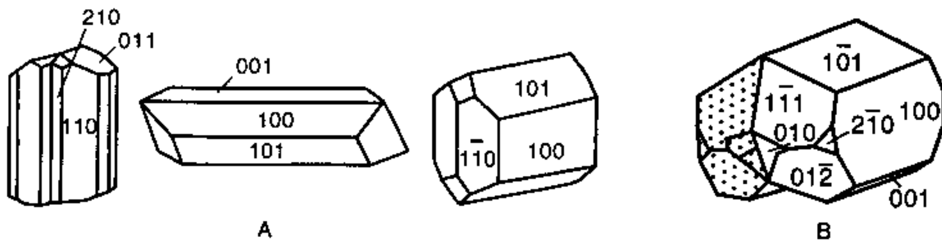
Tên gọi từ chữ Hy Lạp "epidosis" là tăng lên (do tiết diện ngang của nó có dạng kéo dài hơn dạng tiết diện của các tinh thể lăng trụ khác).

Thành phần hóa học: CaO: 23,5%; Al_2O_3: 24,1%; Fe_2O_3: 12,6%; SiO_2: 37,9%; H_2O: 1,9%.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ một xiên; L_2PC. Nhóm không gian $C^2_{2h} - P2_1/m$; a_o = 8,94 Å; b_o = 5,61 Å; c_o = 10,23 Å; β = 115°24' Å.

Dạng lăng trụ kéo dài theo trục b. Thường có những đơn hình sau: song diện {101}, {100}, {001} và lăng trụ {110}, {111}, {011} (H.13.20). Trên những mặt song song với trục b thường có vết khía. Hay có song tinh theo mặt (100).

Epiđot có thể thành tinh đám trong các hổng, thường gặp dạng khối đặc xít hoặc dạng que phong tỏa.



Hình 13.20 *Đơn tinh thể (A) và song tinh (B) của epidot*

Tính chất vật lý: Màu lục phớt vàng, có khi xám đen. Ánh thủy tinh. Độ cứng 6,5. Cát khai hoàn toàn theo (001). Tỷ trọng 3,35 - 3,45.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là sản phẩm biến chất của đá trầm tích vôi và các đá macma giàu canxi. Thường gặp trong đới tiếp xúc do các silicat chứa canxi bị biến đổi nhiệt dịch.

Epiđot khá phổ biến trong các đá bazan biến chất, trong các đá phiến màu lục.

Đặc điểm nhận biết: Thứ phổ biến nhất có màu lục và hình dạng tinh thể khá đặc trưng.

Phồng lên và bị nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Sau khi đã nung nóng thì bị phá hủy trong HCl cho keo silit.

Ở nước ta epiđot có nhiều trong đá màu lục miền Vạn Yên sông Đà, Thất Khê (Lạng Sơn). Trong quá trình epidot hóa, propilit hóa các đá andezitobazan vùng Hóa An (Bình Dương), đèo Bảo Lộc (Lâm Đồng), đèo Cù Mông (Khánh Hòa) rất giàu epidot.

Ở Uran (Nga) có những tinh thể epiđot đẹp trong các mạch kiểu anpin.

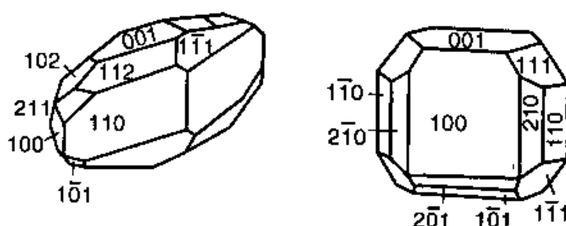
Công dụng: ít có công dụng thực tế.

Octit - $(Ca, Ce)_2 (Al, Fe)_3 (O, OH)O [SiO_4] [Si_2O_7]$

Thành phần hóa học: hàm lượng của các thành phần thay đổi rất nhiều. Trong đó Ce_2O_3 có thể lên tới 6%; $(La,...)_2O_3$ tới 7%; Y_2O_3 tới 8%; TiO_2; 3%. Đôi khi BeO: 3,8%. Ngoài ra có thể chứa Sc_2O_3, ThO_2,...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. *Kiến trúc tinh thể*: Đồng kiến trúc với epidot. *Hình dạng tinh thể*: Dạng tấm dày kéo dài, theo trục b; có lúc thành trụ ngắn (H.13.21).

Ngoài ra có thể thấy dạng hạt xâm nhiễm. Ít khi thành khối đặc xít.



Hình 13.21 *Tinh thể octit*

Tính chất vật lý: màu nâu tới đen, thỉnh thoảng có màu vàng. Ánh thủy tinh hay ánh nhựa. Độ cứng 6. Dòn. Không cát khai. Vết vỡ vỏ sò. Tỷ trọng 4,1; Nếu đã bị biến tinh thì giảm xuống còn 2,7. Có tính phóng xạ.

Đặc điểm nhận biết: Dạng tấm dày. Màu đen nâu và vết vỡ vỏ sò. Khác với các khoáng vật phóng xạ khác là tỷ trọng nhẹ.

Công dụng: Là loại quặng để lấy Th và các nguyên tố đất hiếm.

II. SILICÁT VÒNG

Trong mạng tinh thể của silicat vòng, các nhóm $[SiO_4]$ liên kết với nhau thành vòng, tạo thành các gốc anion phức tạp $[Si_3O_9]^{6-}$, $[Si_4O_{12}]^{8-}$, $[Si_6O_{18}]^{12-}$.

Trong phần này chúng ta chỉ nghiên cứu hai nhóm khoáng vật là berin và tuamalin.

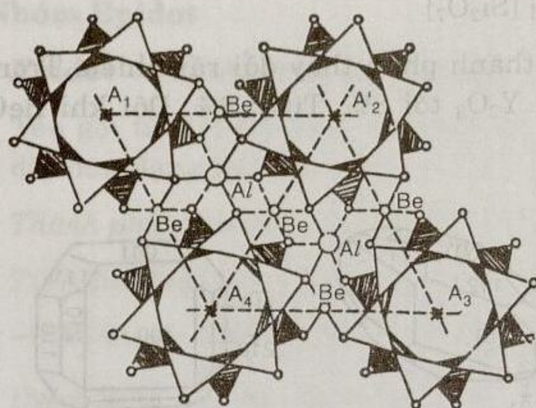
1. Nhóm berin

Berin - $Be_3Al_2[Si_6O_{18}]$

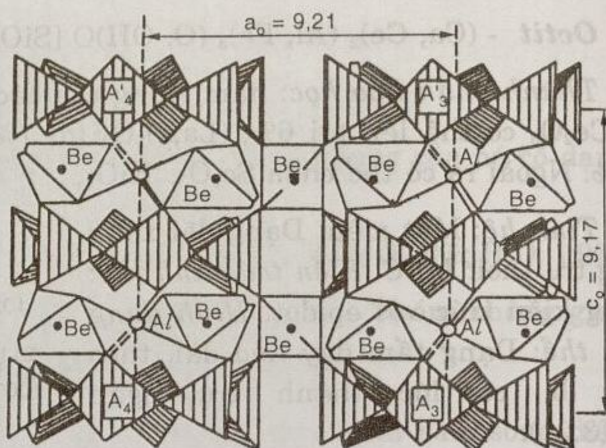
Thành phần hóa học: FeO: 14,1%; Al_2O_3: 19%; SiO_2: 66,9%; có lẫn Na, K, Li đôi khi Rb, Cs, He và H_2O. Trong berin màu hồng (vorobievit) Cs_2O chiếm 3%.

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương kép: L_66L_27PC. Nhóm không gian $D_{6h}^2 - P6/mcc$; $a_o = 9{,}21\,Å$; $c_o = 9{,}17\,Å$. Kiến trúc tinh thể: Trên hình 13.22 biểu diễn hình chiếu kiến trúc berin lên mặt (0001). Trên mỗi góc hình thoi có hai vòng tứ diện ở độ cao khác nhau và vòng nọ quay một góc 30° so với vòng kia. Các ion Al và Be trong hình chiếu nằm giữa hai lớp vòng (H.13.22).

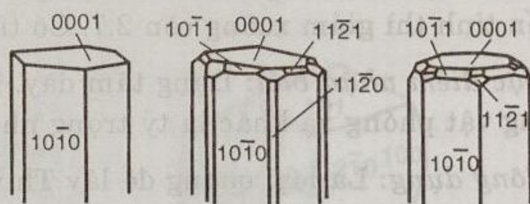
Các ion Al có số phối trí là 6, các ion Be liên kết các vòng lại thành khung chắc chắn (H.13.23). *Hình dạng tinh thể*: Có dạng lăng trụ, các đơn hình thường gặp là lăng trụ {1010} và song diện {0001} (H.13.24). Trên các mặt lăng trụ thường có sọc thẳng đứng.



Hình 13.22 *Kiến trúc tinh thể berin chiếu trên mặt (0001)*



Hình 13.23 *Hình chiếu thẳng đứng của kiến trúc tinh thể berin*



Hình 13.24 *Các tinh thể berin*

Thường gặp các tinh thể riêng lẻ, đôi khi có dạng tinh đám, dạng đặc xít.

Tính chất vật lý: Có nhiều màu sắc, cũng có thứ trong suốt không màu. Tùy theo màu sắc berin có những tên sau đây:

Emơrot: Màu lục tươi

Aquamarin: xanh nước biển

Vorobievit: màu hồng

Heliođo: màu vàng trong suốt

Ánh thủy tinh. Độ cứng 7,5 - 8. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo lăng trụ {1010} và song diện {0001}. Tỷ trọng 2,63 - 2,91.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường gặp trong các mạch pecmatit axit, trong greizen và đôi khi gặp trong granit, cộng sinh với các khoáng vật: fenpat, thạch anh, topa, tuamalin, fluorin đôi khi với fenakit, crizoberin, vonframit, caxiterit, các sunfua (acsenopirit, molipdenit...).

Là khoáng vật vững bền, có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Nhờ dạng tinh thể. Độ cứng cao. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không hòa tan trong axit.

Ở Việt Nam có berin trong mạch pecmatit Thạch Khoán (Phú Thọ) thành những tinh thể lớn 10 - 15cm.

Trên thế giới berin có ở Nga, Mỹ, Columbia, Braxin, Ấn Độ, Nam Phi.

Công dụng: là quặng để lấy berili kim loại. Berili là kim loại nhẹ nhất (tỷ trọng kém Al 1,5 lần), tạo với Al và Mg thành hợp kim nhẹ rất bền, dùng trong công nghiệp chế tạo máy bay. Các muối berili dùng trong y học và nhiều ngành công nghiệp.

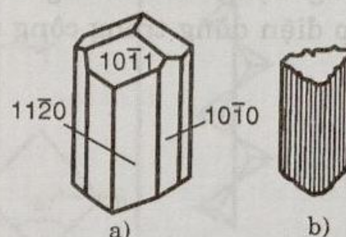
2- Nhóm tuamalin

Tuamalin - (Na, Ca)(Mg, Al)$_6$ [B_3 Al_3 Si_6 (O, OH)$_{30}$]

Thành phần hoá học: SiO_2: 30 - 44%, B_2O_3: 8 - 12%, Al_2O_3: 18 - 44%, MgO: tới 25%; Na_2O tới 6%; H_2O: 1 - 4%. Ngoài ra thường có Fe^{2+}, Fe^{3+}, Ca, K, Li, Mn, Cr và cả F, Cl.

Loại tuamalin giàu Mg gọi là *dravit*, giàu Fe gọi là *soclit*, giàu Li gọi là *enbait*, giàu Mn gọi là *kilaizit*.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng L_33P. Nhóm không gian C_{3v}^5 – $R3m$; a_o = 15,51 - 16,01 Å; c_o = 7,10 – 7,22 Å.



Hình 13.25
a) Tinh thể tuamalin
b) Các vết sọc và tiết diện ngang của tinh thể tuamalin

Hình dạng tinh thể: Tinh thể tuamalin thường có dạng trụ nhiều mặt song song với trục bậc 3 (H.13.25). Các tinh thể thường nhỏ, đôi khi khá lớn (dài 20 - 30 cm). Tinh thể có đặc điểm là tiết diện ngang có dạng tam giác cạnh cong và có sọc dọc trên mặt lăng trụ (H.13.25b).

Thường gặp dạng tập hợp que phóng tỏa, tóc rối. Đôi khi có dạng tập hợp đặc xít.

Tính chất vật lý: Có nhiều màu tùy theo thành phần hóa học (màu đỏ, hồng lục: nghèo sắt hoặc không chứa sắt, nhưng có chứa Mn, Li, Cs; màu đen sẫm: chứa nhiều sắt; màu vàng nâu: chứa MgO). Đôi khi không màu trong suốt, có trường hợp trên một tinh thể có nhiều màu khác nhau theo các đới từ trong ra ngoài, hoặc màu ở hai đầu khác nhau.

Ánh thủy tinh. Độ cứng 7 - 7,5. Cát khai thực tế không có. Vết vỡ không bằng phẳng. Tỷ trọng 2,9 - 3,25.

Có tính hỏa điện và tính áp điện (nung nóng lên, hoặc kéo ép, hai đầu tinh thể sẽ xuất hiện điện tích trái dấu).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Gặp trong các mạch pecmatit và mạch thạch anh nhiệt dịch cộng sinh với thạch anh, fenpat, mica, caxiterit, topa, fluorin.

Theo Fecsman và Draver thì tính chất của tuamalin phụ thuộc vào điều kiện thành tạo. Tuamalin thành tạo trong điều kiện nhiệt độ cao có dạng lăng trụ dài không trong suốt, còn tuamalin thành tạo trong điều kiện nhiệt độ thấp có dạng lăng trụ ngắn và có màu tươi hơn. Trong pecmatit, tuamalin chứa nhiều sắt.

Tuamalin cũng có trong đá macma là khoáng vật phụ.

Đặc điểm nhận biết: Hình dạng tinh thể (tiết diện tam giác cạnh cong), các vết sọc trên mặt, độ cứng cao. Phân biệt với piroxen và amfibon là không có cát khai, độ cứng cao và hình dạng tiết diện ngang.

Ở Việt nam tuamalin có ở Phú Thọ, Lào Cai, Piaoac (Cao Bằng), Thanh Hóa. Trong quặng thiếc của đới Lộc Lâm (Lâm Đồng) phát triển mạnh mẽ thành tạo caxiterit - tuamalin - thạch anh, trong đó tuamalin là những tinh thể lăng trụ, tự hình, màu đen, đen sẫm khảm trong thạch anh hoặc tập trung thành từng ổ có cấu trúc toả tia.

Trên thế giới có ở Liên Xô, Madagasca, Mỹ, Xrilanca.

Công dụng: Thứ trong suốt đẹp dùng làm đồ nữ trang. Những tinh thể lớn có tính áp điện dùng trong công nghiệp vô tuyến điện.

Lớp phụ C

SILICAT CÓ MẠCH TỨ DIỆN [SiO_4]$^{4-}$ LIÊN TỤC TRONG KIẾN TRÚC TINH THỂ - SILICAT MẠCH

Trong lớp phụ này chúng ta nghiên cứu những nhóm khoáng vật quan trọng, điển hình là nhóm piroxen, nhóm amfibon và các nhóm trung gian khác.

Thành phần hóa học của các khoáng vật này có các cation Mg^{2+}, Fe^{2+}, Ca^{2+}, Na^{1+} đôi khi có Li^{1+} và cả Al^{3+}, Fe^{3+}. Ngoài anion $[SiO_4]^{4-}$ còn có thể có $[AlO_4]^{5-}$, $(OH)^{1-}$, Fe^{1-} và Cl^{1-}. Trong tự nhiên phổ biến nhất là các amfibon sắt và magie. Các khoáng vật lớp phụ này chiếm 16% trọng lượng vỏ Trái Đất. Chúng là những khoáng vật tạo đá quan trọng của nhiều đá macma.

Do chúng có kiến trúc tinh thể dạng mạch đặc trưng nên có ảnh hưởng quyết định đến các tính chất vật lý của chúng.

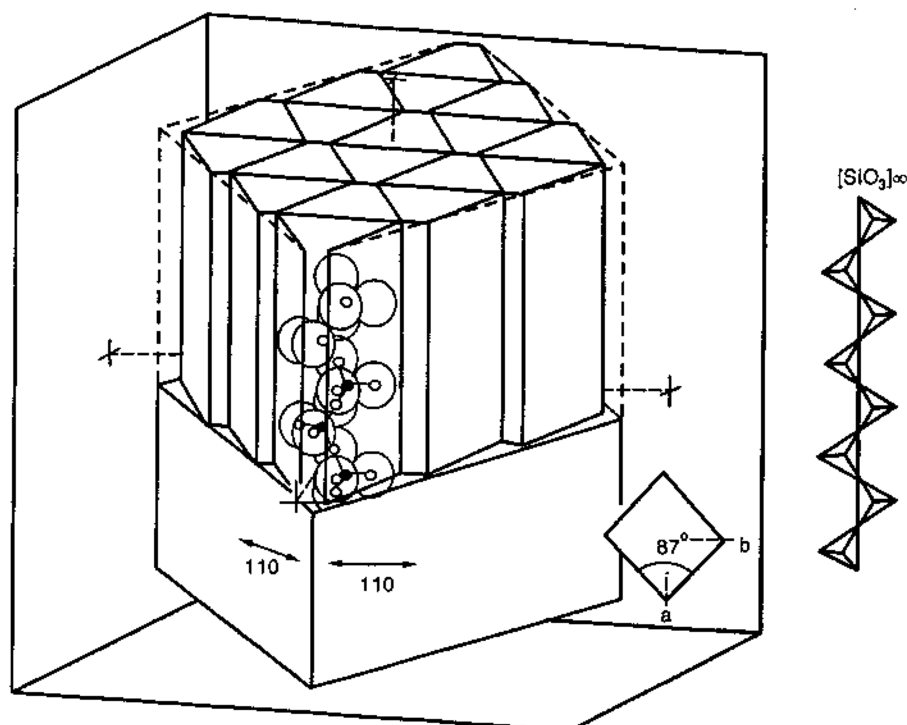
Các tinh thể thường kéo dài theo một phương, và có thể tách theo chiều dọc dễ hơn bề ngang. Tinh thể của amfibon kéo dài hơn tinh thể của piroxen và có xu hướng tạo thành những tập hợp hình kim.

Do sự chồng khít kém chặt sít nên tỷ trọng thấp hơn các khoáng vật nhóm olivin.

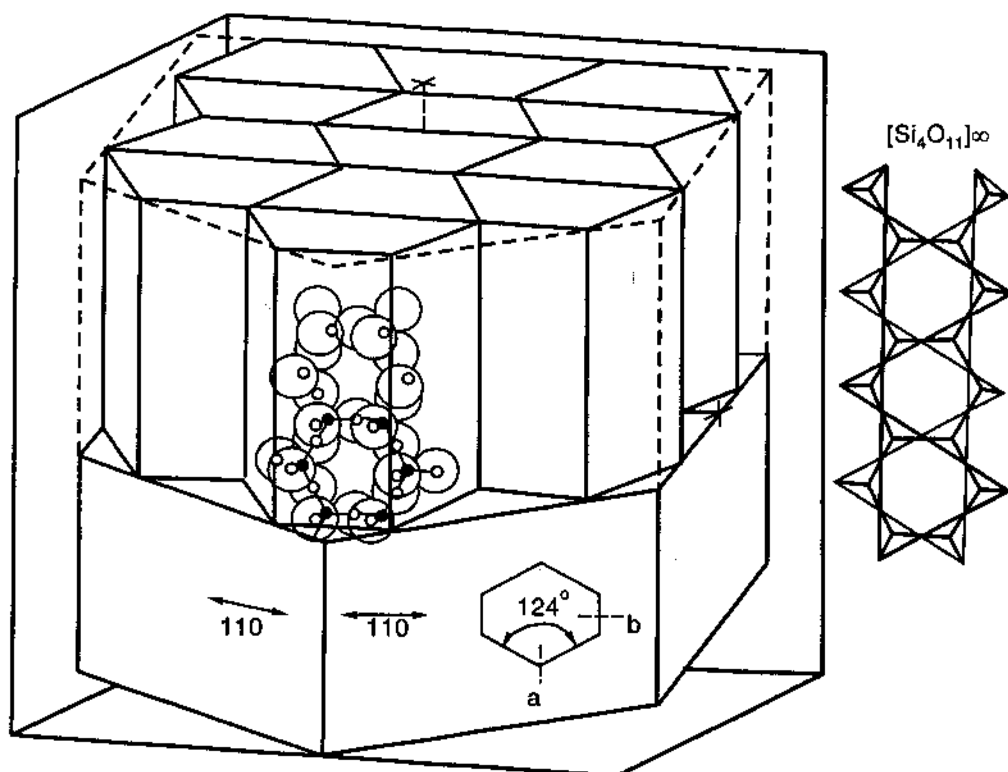
Chiết suất và lưỡng chiết suất thấp hơn các khoáng vật nhóm olivin.

Các khoáng vật của hai nhóm piroxen và amfibon có nhiều tính chất giống nhau, nhưng cũng có một số đặc tính khác nhau như:

1- Trong kiến trúc tinh thể của piroxen, các gốc anion là những mạch đơn của các tứ diện oxit silic với công thức $[SiO_3]^{2-}$ (H.13.26), amfibon là những mạch kép với công thức $[Si_4O_{11}]$ (H.13.27).



Hình 13.26 *Kiến trúc tinh thể của piroxen.*
Biểu diễn các đơn vị tứ diện oxit silic kéo dài theo chiều trục z

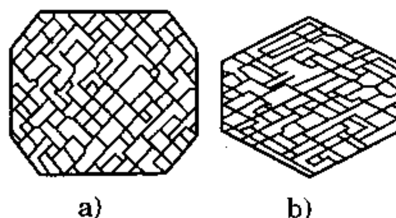


Hình 13.27 *Kiến trúc tinh thể của amfibon.*
Biểu diễn các mạch kép tứ diện oxit silic kéo dài theo chiều trục z

2- Góc giữa hai hệ thống cát khai của amfibon là 124°, còn của piroxen gần vuông (87°). Do đó piroxen có tiết diện lập phương còn amfibon có tiết diện dạng giả sáu phương (H.13.28) trong lớp phụ này, ta phân ra làm hai kiểu:

Kiểu 1: Silicat có mạch đơn $[SiO_3]$ (nhóm piroxen).

Kiểu 2: Silicat có mạch kép $[Si_4O_{11}]$ (nhóm amfibon).



Hình 13.28 *Tiết diện ngang của tinh thể piroxen (a) và amfibon (b) với các hệ thống cát khai*

3- Về nguồn gốc so với amfibon, piroxen sinh thành sớm hơn. Nhưng có đôi khi vì amfibon có chứa nhiều chất bốc nên phát sinh phản ứng trao đổi với các khoáng vật khác; ví dụ, amfibon thay thế piroxen, hocblen giả hình theo điopxít.

Các khoáng vật trong lớp phụ này sinh thành chủ yếu trong đá macma và biến chất. Chúng là những khoáng vật tạo đá quan trọng của macma.

1- Nhóm piroxen

Nhóm này gồm có hai loại: piroxen kết tinh trong tinh hệ thoi và piroxen kết tinh trong tinh hệ một xiên.

Piroxen thoi

Là loại đồng hình liên tục của enstatit $Mg_2[Si_2O_6]$ và hipecten $(Mg, Fe)_2[Si_2O_6]$. Người ta qui ước nếu lượng FeO < 5% gọi là *enstatit*, nếu FeO từ 5 - 14% từ 5 - 14% gọi là *bronzit*, nếu FeO > 14% gọi là *hipecten*.

Thành phần hóa học:

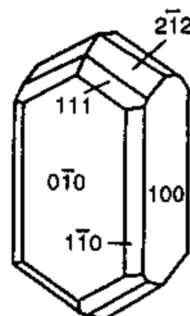
Hipecten: SiO_2: 48,2; FeO: 14 - 27,7%; MgO: 11,2%.

Enstatit: SiO_2: 60,03%; MgO: 39,97%.

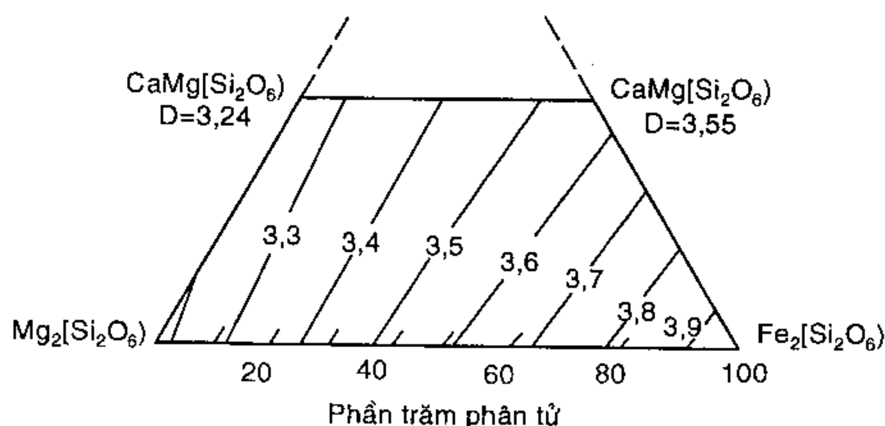
Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian: D_{2h}^{15} – *Pbca*; $a_o = 18{,}2\,\text{Å}$; $c_o = 5{,}201\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Ít gặp dạng tinh thể hoàn chỉnh. Thường có dạng hạt méo mó trong đá. Tinh thể đẹp có dạng trụ hoặc dạng tấm (H.13.29).

Tính chất vật lý: Enstatit có màu trắng xám vàng lục hoặc không màu. Ng = 1,665; Nm = 1,659 - 1,73; Np = 1,656 - 1,71. Ánh thủy tinh. Độ cứng 5,5. Cát khai trung bình theo {110}với góc cát khai 85^O. Tỷ trọng enstatit 3,1 - 3,3; hipecten từ 3,3 - 3,5. Sự thay đổi tỷ trọng do hàm lượng Fe trong thành phần của chúng quyết định (H.13.30).



Hình 13.29 *Tinh thể enstatit*



Hình 13.30 *Sự phụ thuộc giữa tỷ trọng với hàm lượng các thành phần của piroxen*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Có trong đá macma bazơ, đôi khi gặp trong đá phiến kết tinh.

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với các piroxen một xiên dưới kính hiển vi: tắt đứng. Xác định chính xác phải dùng kính hiển vi phân cực. Enstatit không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi, không hòa tan trong axit. Hipecten bị nóng chảy thành men màu đen lục. Phá hủy một phần trong HCl.

Piroxen một xiên

Piroxen một xiên có 6 khoáng vật khá phổ biến trong tự nhiên và là những khoáng vật tạo đá quan trọng.

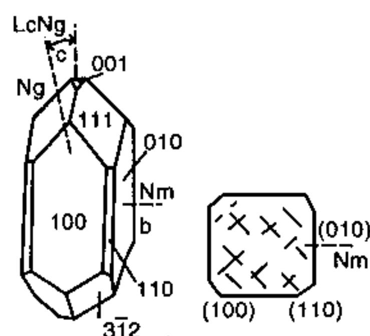
Thành phần hóa học: Xem bảng 13.5 (các số tính theo % trọng lượng các thành phần).

Bảng 13.5 *Thành phần hóa học chủ yếu của các khoáng vật piroxen một xiên*

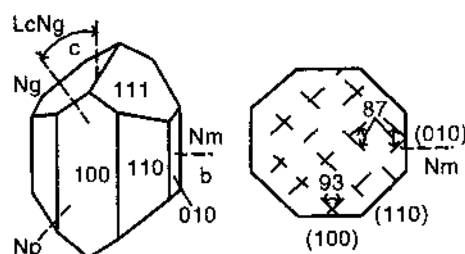
Khoáng vật	Công thức	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	Li_2O
Diopxit	$CaMg[Si_2O_6]$	55,6	–	–	–	18,5	52,9	–	–
Hedenbecgit	$CaFe[Si_2O_6]$	48,4	–	–	29,4	–	22,2	–	–
Ogit	Ca(Mg, Fe, Al) $[(Si, Al)_2O_6]$	48,39	–	–	29,43	0-	22,18	–	–
Spodumen	$LiAl[Si_2O_6]$	64,5	27,4	–	–	18,52	–	–	8,1
Egirin	$NaFe^{3+}[Si_2O_6]$	52,0	–	34,6	–	–	–	13,4	–
Jadeit	$NaAl[Si_2O_6]$	59,39	25,56	–	–	–	–	15,35	-

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng: L_3PC. *Hình dạng tinh thể*: Có dạng cột ngắn, dạng tấm, đẳng thước, thiết diện ngang giả bốn phương, giả lục giác (H.13.31 và 13.32).

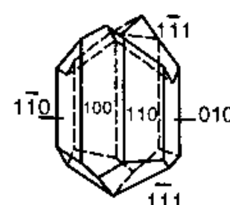
Thường gặp tập hợp đặc xít, tập hợp dạng hạt, dạng que phóng tỏa. Thỉnh thoảng có gặp các song tinh (H.13.33).



Hình 13.31 Tinh thể diopxit (bên phải là tiết diện ngang)



Hình 13.32 Tinh thể ogit (bên phải là tiết diện ngang)



Hình 13.33 Song tinh ogit theo (100)

Tính chất vật lý: Xem bảng 13.6.

Muốn xác định chính xác các khoáng vật piroxen phải phân tích hóa học, hoặc dùng kính hiển vi phân cực xác định các hằng số quang học.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Điopxít là khoáng vật phổ biến nhất của piroxen, cộng sinh với hipecten trong các đá macma bazơ và siêu bazơ.

Heđenbecgit có nguồn gốc tiếp xúc trao đổi cộng sinh vơi manhetit, granat, sunfua, (pirotin, chancopirit, sfalerit, canxit, epiđot, v.v...).

Ogit thường gặp trong các đá phun trào bazơ cộng sinh với plagiocla bazơ, manhetit, đôi khi olivin,...

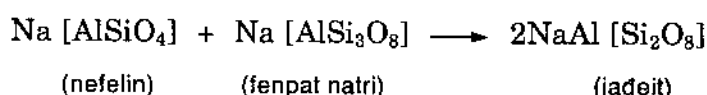
Bảng 13.6 *Tính chất vật lý của các khoáng vật piroxen một xiên*

Khoáng vật	Màu	Ánh	Độ cứng	Cát khai	Tỷ trọng	Các hằng số quang học		
						Ng	*Nm*	*Np*
Diopxit	Lục nhạt, xám, không màu	Thủy tinh	5,5–6 dòn	Theo lăng trụ (120)	3,27-3,38	1,694	1,671	1,661
Hedenbecgit	Lục tối	–	5,5–6	– (110)	3,5-3,8	1,757	1,745	1,739
Ogit	Đen, lục sẫm, lục nâu	–	5 – 6	– (110)	3,2-3,6	1,710–1,720	1,692–1,706	1,685–1,700
Spodumen	Trắng, xám, lục vàng	–	6,5–7	– (100)	3,13-3,20	1,675	1,660	1,650
Egirin	Đen lục, lục sẫm, nâu	–	5,5–6	– (100)	3,45-3,60	1,787	1,768	1,742
Jadeit	Lục, xanh lục, trắng	–	5,5–7	– (110)	3,3-3,4	1,667	1,659	1,654

Spođumen có trong pecmatit granit cộng sinh với thạch anh, fenpat, mica, tuamalin, v.v...

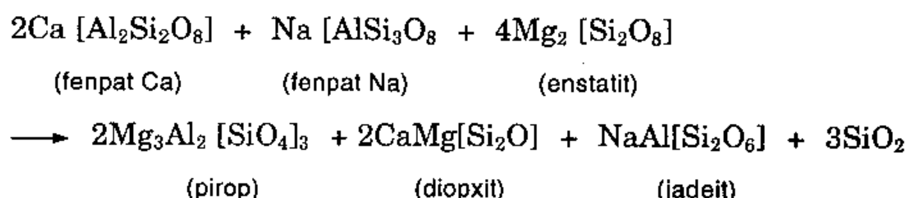
Egirin có trong các đá giàu kiềm (là khoáng vật tạo đá) như sienit có nefelin, fonolit,...

Jadeit gặp trong đá biến chất kiềm do nefelin và fenpat Na dưới áp suất cao biến thành. Phản ứng xảy ra như sau:



$$\underset{\text{(nefelin)}}{Na\,[AlSiO_4]} + \underset{\text{(fenpat natri)}}{Na\,[AlSi_3O_8]} \longrightarrow \underset{\text{(jađeit)}}{2NaAl\,[Si_2O_8]}$$

Ngoài ra trong quá trình biến chất, jađeit có thể do plagiocla và enstatit phản ứng với nhau mà thành:



$$\underset{\text{(fenpat Ca)}}{2Ca\,[Al_2Si_2O_8]} + \underset{\text{(fenpat Na)}}{Na\,[AlSi_3O_8} + \underset{\text{(enstatit)}}{4Mg_2\,[Si_2O_8]}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{(pirop)}}{2Mg_3Al_2\,[SiO_4]_3} + \underset{\text{(diopxit)}}{2CaMg[Si_2O]} + \underset{\text{(jadeit)}}{NaAl[Si_2O_6]} + 3SiO_2$$

Trong phản ứng trên, vế bên trái là những tổ hợp khoáng vật cộng sinh thường gặp; còn các tổ hợp cộng sinh khoáng vật vế bên phải rất ít thấy. Đó là vì phản ứng này chỉ phát sinh trong điều kiện áp suất cao.

Ngoài ra còn gặp jađeit trong đá biến chất tiếp xúc trao đổi. Ở Việt Nam chưa gặp những khoáng sàng lớn của piroxen, nhưng chúng phân bố trong nhiều loại đá macma và biến chất quan trọng.

Công dụng: Trừ spođumen là có thể dùng làm nguyên liệu để chế liti dùng trong y học, nghề ảnh, thủy tinh,... còn các piroxen khác không có công dụng thực tế.

2- Nhóm amfibon

So với piroxen thì amfibon có kiến trúc phức tạp hơn nhiều. Trong kiến trúc tinh thể của amfibon có các mạch kép do ghép HAI mạch oxít silic với công thức của anion $[Si_4O_{11}]$ (xem H.14.25).

Tuy có thành phần cation khác nhau, nhưng tất cả các amfibon có các tính chất vật lý, hóa học giống nhau.

Trong nhóm này ta phân làm hai loại: amfibon thoi và amfibon một xiên; gồm có những khoáng vật sau:

Amfibon thoi: Antofilit $(Mg, Fe)_7[Si_4O_{11}]_2\,(OH)_2$.

Amfibon một xiên:

Tremolit: $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Actinolit: $Ca_2(Mn, Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Hocblen: Ca_2Na (Mg, Fe)$_4$ (Al, Fe) [Si, Al)$_4$ O_{11}](OH)$_2$

Glocofan: Na_2(Mg, Fe)$_5$ $Al_2[Si_4O_{11}]_2$ (OH, F)$_2$

Atvetsonit: Na_2 (Fe, Mg)$_4$ (Fe, Al) $Si_4O_{11}]_2$(OH, F)$_2$

Chúng ta chỉ nghiên cứu các khoáng vật antofilit, tremolit, actinolit và hocblen là các khoáng vật phổ biến nhất trong chúng.

Amfibon thoi

Antofilit - (Mg, Fe)$_7$ $[Si_4O_{11}]_2$ $(OH)_2$

Thành phần hóa học: Tỷ lệ MgO: FeO không cố định. Thông thường Mg có thể bị Fe thay thế tới 50%.

Tinh hệ: Trực thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian: D_{2h}^{10} – $Pnma$; a_o = 18,56 Å; b_o = 18,08 Å; c_o = 5,28 Å. Hình dạng tinh thể: Có dạng trụ nhưng rất ít gặp. Thường thấy dạng tập hợp phóng tỏa, dạng đặc xít.

Tính chất vật lý: Màu xám nâu hay màu lục, đôi khi màu nâu đỏ. Ánh thủy tinh Ng = 1,625 - 1,698; Np = 1,605 - 1,668. Độ cứng 5,5 - 6. Cát khai hoàn toàn theo mặt trục với góc cát khai $125^O37'$. Tỷ trọng 2,8 - 3,2.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật tạo đá trong một vài loại đá phiến kết tinh.

Amfibon một xiên

Tremolit - Ca_2Mg_5 $[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Tên gọi theo địa điểm tìm thấy ở thung lũng Tremon trong dãy Anpơ.

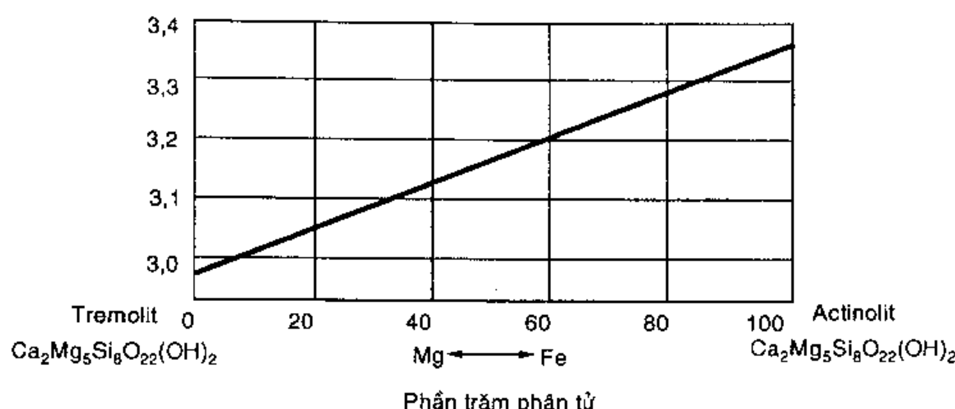
Thành phần hóa học: CaO: 13,8%, MgO: 24,6%; SiO_2: 58,8%; H_2O: 2,8% có chứa Fe, Mn, Al... Hàm lượng FeO có khi lên tới 3%.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng thoi: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^3 – $C2/m$; a_o = 9,78 Å; b_o = 17,8 Å; c_o = 5,26 Å; β = $106^O26'$.

Hình dạng tinh thể: Hình lăng trụ dài, hình kim, hình sợi.

Thường gặp dạng tập hợp que, sợi, tia nhỏ phóng tỏa. Nếu ở dạng ẩn tinh đặc xít gọi là *nefrit*. Loại có dạng sợi là *atbet amfibon*.

Tính chất vật lý: Màu trắng có sắc xám. Chiết suất tương đối cao: Ng = 1,624, Nm = 1,613, Np = 1,599. Ánh thủy tinh, ánh tơ (dạng sợi). Độ cứng 5,5 - 6. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo lăng trụ {110}. Tỷ trọng 2,9 - 3. Tùy theo lượng sắt chứa trong phân tử mà tỷ trọng tăng dần (xem H.13.34)



***Hình 13.34** Tỷ trọng tăng theo hàm lượng các phân tử chứa Fe*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là loại khoáng vật biến chất nhiệt độ thấp, thường gặp ở đới tiếp xúc giữa đá macma với đá vôi đolomit. Cũng gặp trong diệp thạch kết tinh. Tremolit có khi giả hình điopxit theo phản ứng:



$$5CaMg[Si_2O_6] + H_2O \longrightarrow Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2 = 3CaO + 2SiO_2$$

Đặc điểm nhận biết: Rất giống actinolit, nhưng tremolit có màu tươi hơn. Khó nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Axít không có tác dụng.

Ở nước ta gặp tremolit ở Vạn Yên, Lạng Sơn, Phú Thọ, SaPa (Lào Cai) và Thanh Hóa. Trên thế giới có ở Thụy Điển, đông Anpơ, nam Uran, Pribaican (Nga).

Actinolit - $Ca_2 (Mg, Fe)_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "actis" là tia "litos" là đá vì khoáng vật thường có dạng tia.

Thành phần hóa học: Actinolit chính là loại tremolit có chứa Fe tới 6 - 13%. Có thể chứa Al, Na.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng và nhóm không gian giống như tremolit. Nó cũng có dạng ẩn tinh đặc xít gọi là nefrit có dạng sợi gọi là atbet amfibon.

Tính chất vật lý: Màu lục vỏ chai. Ánh thủy tinh. Chiết xuất khá cao Ng = 1,641; Nm = 1,630; Np = 1,614. Tỷ trọng 3,1 - 3,3.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật biến chất nhiệt độ thấp. Thường gặp trong đá phiến kết tinh. Cộng sinh với epiđot, clorit, thạch anh, tan, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với tremolit do màu, muốn chính xác phải phân tích hóa học.

Ở nước ta có ở Hòa Bình, Thất Khê (Lạng Sơn), Hà Tây.

Trên thế giới có ở tây Baican, đông Pamia, Tasmani, Caleđoni, Trung Quốc.

Công dụng: Làm nguyên liệu chịu axít, chịu lửa. Dạng sợi có thể tách thành sợi nhỏ (atbet) có cơ tính đàn hồi và rất bền, dùng dệt các loại vải amiăng cách nhiệt và đúc các tấm fibrô ximăng. Nghiên cứu cho thấy bụi của atbet amiăng rất độc nên người ta khuyến cáo các xí nghiệp làm việc tiếp xúc với atbet phải có thiết bị an toàn vệ sinh cho người lao động, đồng thời không nên sử dụng sản phẩm có atbet amiăng như tấm lợp fibrô ximăng.

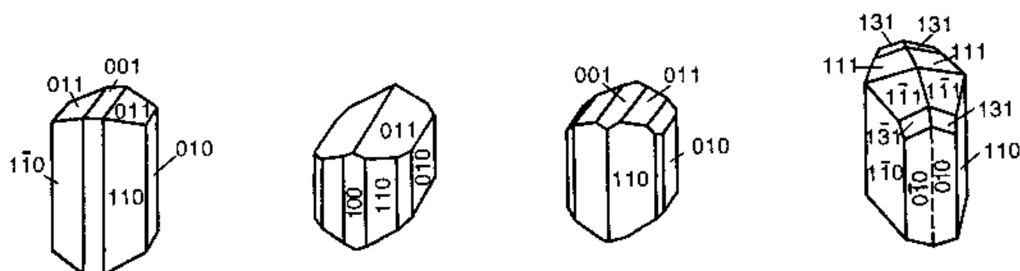
Hocblen - $Ca_2Na(Mg, Fe)_4 (Al, Fe) [(Si, Al)_4O_{11}]_2(OH)_2$

Tên gọi từ chữ Đức "hornblend" là "giả sừng" (những tinh thể lăng trụ có màu tối sẫm giống như sừng).

Thành phần hóa học: Rất phức tạp và không nhất định. Tỷ lệ Mg^{2+} và Fe^{2+}, Al^{3+} và Fe^{3+} thay đổi nhiều. Có chứa K, F, Ti (TiO_2 thường chứa từ 0,1 - 1,25%).

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ hệ thoi: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^3 - C2/m$; $a_o = 9{,}8\,Å$; $b_o = 17{,}9\,Å$; $c_o = 5{,}28\,Å$; $\beta = 106°$.

Hình dạng tinh thể: Dạng lăng trụ, dạng cột, dạng đẳng thước hiếm hơn (H.13.35).



Hình 13.35 *Tinh thể hocblen. Bên phải ngoài cùng là song tinh theo (100)*

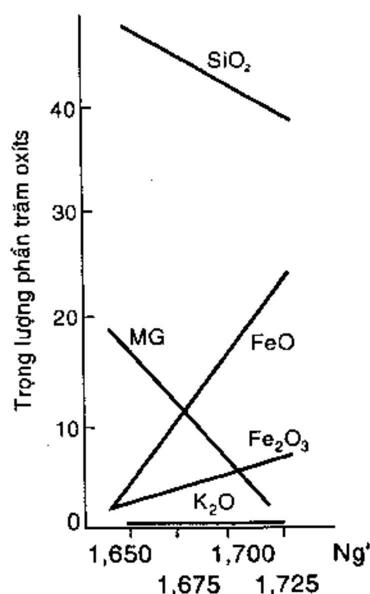
Tính chất vật lý: Màu lục hoặc nâu, Chiết suất Ng = 1,65 - 1,69; Nm = 1,63 - 1,68; Np = 1,63 - 1,66.

Vết vạch trắng phớt lục. Ánh thủy tinh. Độ cứng 5,5 - 6. Cát khai theo lăng trụ {110} hoàn toàn.

Tỷ trọng 3,1 - 3,3.

Giữa tính chất quang học (đặc biệt là chiết suất) và thành phần hóa học của hocblen có mối tương quan mật thiết. Mối tương quan đó có thể biểu diễn bằng các phương trình toán học. Hình 13.36 cho ta thấy rõ quan hệ giữa chiết suất chính Ng và các oxit chủ yếu của amfibon.

Dựa vào những phương trình tương quan và đường biểu diễn có thể dùng tính chất quang học để xác định thành phần hóa học của hocblen



Hình 13.36 *Đường biểu diễn những hàm số tương quan giữa các thành phần chủ yếu của hocblen với chiết suất Ng đo được*

Dĩ nhiên phải đặt mối tương quan đó trong những điều kiện địa chất nhất định và trong quan hệ giữa các thành phần hóa học nhất định. Hiện nay người ta đã lập được nhiều phương trình tương quan giữa các tính chất với thành phần hóa học của nhiều nhóm khoáng vật nhất là piroxen, amfibon, fenpat.

Có nhiều thứ hocblen:

1. *Hocblen bazantic* màu nâu (trong lát mỏng) có trong các đá macma phun trào, có chứa nhiều Fe_2O_3 và TiO_2.

2. *Uralit* là giả hình của hocblen theo piroxen, vẫn giữ hình dạng bên ngoài của piroxen.

Nguồn gốc và khoáng sàng: là khoáng vật điển hình của nhiều đá macma xâm nhập có độ bazơ trung tính (điorit, sienit, granođiorit, v.v...).

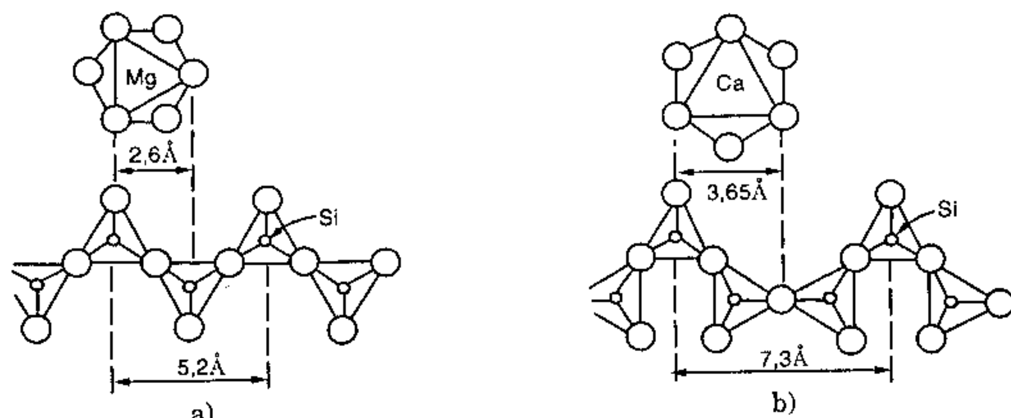
Có tinh thể lớn trong pecmatit, gabro.

Rất phổ biến trong đá biến chất; là thành phần chính trong các đá amfibolit, trong đá phiến kết tinh, đá gơnai có amfibon.

Đặc điểm nhận biết: Dễ nhận biết do dạng bên ngoài, màu lục xám hoặc nâu, góc cát khai 124°. Không hòa tan trong axít.

3- Nhóm volastonit

Nhóm này thuộc loại piroxenoit, trong các kiến trúc cũng có các tứ diện oxít silic nối thành mạch đơn nhưng cách ghép các tứ diện đó có khác với piroxen. Công thức của gốc anion có thể biểu diễn $[Si_3O_9]$. Nó có thể xem như là kiến trúc của một cặp tứ diện và một tứ diện xen kẽ nối đuôi nhau. So sánh với kiến trúc piroxen thấy rõ volastonit có đặc điểm riêng biệt (xem H.13.37).

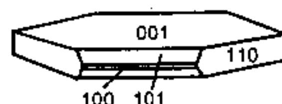


***Hình 13.37** So sánh kiến trúc tinh thể của piroxen (a) và volastonit (b)*

Volastonit - $Ca_3[Si_3O_9]$ hoặc $CaSiO_3$

Thành phần hóa học: CaO: 48,3%; SiO_2: 51,7%. Đôi khi có FeO tới 9%.

Tinh hệ: Ba xiên. Dạng đối xứng song diện: *C*: Nhóm không gian $C_i^1 - P1$; a_o = 7,88 Å; b_o = 7,27 Å; c_o=7,03 Å; α = 90°; β = 95°16'; γ = 103°25'. *Hình dạng tinh thể:* Dạng tấm thường kéo dài theo trục b (H.13.38). Song tinh ghép theo mặt (100) và (001). Tập hợp dạng phiến, phóng tỏa hoặc sợi.



***Hình 13.38** Tinh thể volasotnit*

Tính chất vật lý: Màu trắng hơi phớt xám hoặc hồng nhạt. Ánh thủy tinh Ng = 1,631; Nm = 1,623; Np = 1,616. Độ cứng 4,5 - 5. Cát khai hoàn toàn theo {100}; góc cát khai 74°. Tỷ trọng 2,78 - 2,91.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Volastonit gặp trong nguồn gốc biến chất, chủ yếu là biến chất tiếp xúc giữa đá xâm nhập axít và đá vôi hay đá hoa; thường cộng sinh với granat có chứa canxi (loại anđrađit), điopxit; là thành phần của đá skacnơ. Volastonit thành tạo theo phản ứng: $CaCO_3 + SiO_2 \longrightarrow CaSiO_3 + CO_2$

Ngoài ra volastonit còn gặp trong đá phiến kết tinh chứa canxi, sinh thành ở sâu.

Đặc điểm nhận biết: Dựa vào mầu sắc. Dễ hòa tan trong axit.

Công dụng: Dùng volastonit nguyên chất và có sợi dài để chế tạo các loại len đá bền và chịu nhiệt tốt.

4- Nhóm rodonit

Khoáng vật nhóm này cũng thuộc loại piroxenoit, hình thức ghép các tứ diện cũng là mạch đơn, nhưng khác với piroxen và volastonit công thức chung có thể biểu diễn dưới dạng $[Si_2O_{16}]$. Có thể xem kiến trúc của nó gồm hai cặp tứ diện và một tứ diện xen kẽ nối đuôi nhau hợp thành (xem H.13.39).



***Hình 13.39** Kiến trúc dạng mạch của rodonit*

Rođonit - $(Mn,Ca)_2[Si_5O_{15}]$ hoặc $(Mn,Ca)SiO_3$

Thành phần hóa học: MnO: 46 - 30%; FeO: 2 - 12%; CaO: 4 - 6,5%; SiO_2: 45 - 48%.

Tinh hệ: Ba xiên. Dạng đối xứng song diện: C. Nhóm không gian $C_i^1 - P1$; a_o = 7,79 Å; b_o = 12,47 Å; c_o = 6,75 Å; $\alpha = 85°10'$; $\beta = 94°04'$; $\gamma = 111°29'$.

Hình dạng tinh thể: Dạng tấm, ít khi gặp dạng trụ. Thường thấy khối hạt đặc xít, tập hợp dạng khối.

Tính chất vật lý: Màu hồng thịt. Ánh thủy tinh, trên mặt cát khai có ánh ngọc Ng = 1,730; Mn = 1,726; Np = 1,721. Độ cứng 5,5 - 6. Cát khai hoàn toàn theo {110} và {110}. Theo {001} trung bình. Tỷ trọng 3,4 - 3,75.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật biến chất gặp trong đá phiến kết tinh và các đá biến chất khác. Nó do các khoáng vật chứa mangan cùng với opan hay thạch anh trải qua biến chất khu vực mà thành.

Trong điều kiện phong hóa, rođonit dễ bị oxi hóa tạo thành những màng mỏng của hiđroxit mangan màu đen hoặc dạng cành cây trên mặt khe nứt rất đẹp.

Đặc điểm nhận biết: Độ cứng cao. Phân biệt với rođocrozit nhờ không sủi bọt với HCl.

Công dụng: Loại đá hoàn toàn do rođonit tạo thành có dạng khối có thể dùng làm đá trang hoàng, xây dựng.

5- Nhóm silimanit

Nhóm này thuộc loại amfiboloit. Trong kiến trúc cũng là những mạch kép. Mạch đơn này xoay đi 180° quanh đường ghép thì được mạch đơn kia. Do đó các đỉnh oxi tự do quay về hai phía (H.13.40).



***Hình 13.40** Kiến trúc mạch kép của silimanit*

Các tứ diện có cả $[SiO_4]^{4-}$ lẫn $[AlO_4]^{5-}$; Al vừa có số phối trí 6 lẫn phối trí 4.

Silimanit - $Al[AlSiO_5]$

Thành phần hóa học: Al_2O_3: 63,1%; SiO_2: 36,9%; thường có chứa Fe_2O_3 đạt tới 2 - 3%.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian $D_{2h}^6 -$ *Pbnm*; $a_o = 7{,}43\,\mathring{A}$; $b_o = 7{,}58\,\mathring{A}$; $c_o = 5{,}74\,\mathring{A}$.

Hình dạng tinh thể: Hình kim, hình que. Trên mặt trụ có vết khía dọc. Tập hợp có dạng phóng tỏa, dạng sợi.

Tính chất vật lý: Màu xám, nâu nhạt, lục nhạt. Ánh thủy tinh Ng = 1,677; Nm = 1,658; Np = 1,657. Độ cứng 7. Cát khai theo {010} hoàn toàn. Tỷ trọng 2,23 - 3,25.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Silimanit là khoáng vật tiêu chuẩn của đá biến chất. Thường gặp trong đới biến chất tiếp xúc giữa đá macma và trầm tích giàu nhôm, trong đá phiến kết tinh và trong gơnai.

Ở Việt Nam thấy silimanit trong đá phiến kết tinh chứa grafit ở Hưng Nhượng (Quảng Ngãi). Trong đới biến chất sông Hồng gặp silimanit khá phổ biến trong đá phiến kết tinh vùng Yên Bái. Trong gơnai vùng tây bắc sông Hồng (Lào Cai) có tổ hợp khoáng vật silimanit, granat, codierit, biotit, plagiocla trong đó silimanit có dạng lăng trụ hình kim, hình que kích thước 0,3 - 0,6mm, chiếm tỷ lệ 10 - 15% toàn bộ khối lượng đá.

Đặc điểm nhận biết: dạng hình kim, hình que. Phân biệt với các khoáng vật khác nhờ tính chất quang học.

Công dụng: Dùng làm nguyên liệu chịu lửa.

Lớp phụ D

SILICAT CÓ LỚP TỨ DIỆN $[SIO_4]^{4-}$ LIÊN TỤC TRONG KIẾN TRÚC TINH THỂ – SILICAT LỚP

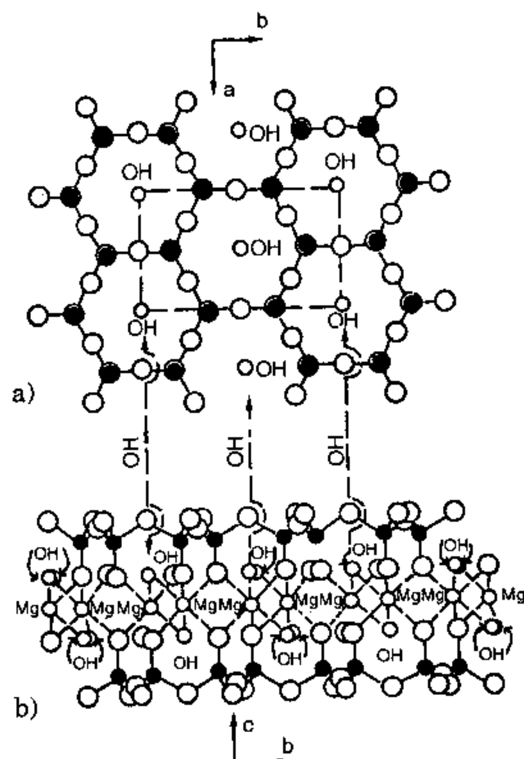
Trong kiến trúc tinh thể của các khoáng vât lớp này các tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ có ba đỉnh chung, tạo thành từng lớp liên tục với công thức gốc anion $[Si_4O_{10}]$ thành những mạng sáu phương hoặc giả sáu phương (H.13.41). Trong thành phần bao giờ cũng có nhóm $(OH)^{1-}$ hoặc F^{1-}. Các cation chủ yếu là Mg^{2+}, Al^{3+} có thể có Fe^{2+}, Ni^{2+}, Li^{1+} và Fe^{3+}. Nhiều khoáng vật là alumosilicát, có các cation phụ là K^{1+}, Na^{1+}, Ca^{2+} và những phân tử nước.

Trong lớp phụ này, hiện tượng đồng hình khá phổ biến. Ngoài các ion cùng hóa trị thay thế nhau: Mg^{2+} với Fe^{2+}, Ni^{2+},... và Al^{3+} với Fe^{3+}, Cr^{3+},... có sự thay thế không cùng hóa trị như $3Mg^{2+}$ thay thế $2Al^{3+}$, nhưng là sự thay thế gián đoạn chứ không liên tục. Ví dụ ($Mg_{12} - Mg_9Al_2 - Mg_6Al_4 - Mg_3Al_6 - Al_8$).

Các nhóm kiến trúc cơ bản của silicat lớp là các lớp tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ và các lớp bát diện trung tâm có Mg^{2+} hoặc Al^{3+}, các lớp này gắn kết với nhau thành tầng với nhiều hình thức khác nhau.

Trong các tứ diện, các đỉnh ion oxi chưa bão hòa hóa trị (gọi là đỉnh hoạt động), nói chung đều hướng về một phía. Giữa hai lớp tứ diện có một lớp bát diện "bruxit"

gồm $3Mg^{2+} + 2(OH)^{1-}$ hoặc "hiđracgilit" gồm $2Al^{3+} + 2(OH)^{1-}$ để trung hòa điện lượng âm của các lớp tứ diện (H.13.42). Như vậy, mỗi tầng được bão hòa hóa trị và chỉ liên hệ với tầng kế cận bằng mối liên kết phân tử yếu ớt, khiến cho chúng dễ dàng tách khỏi nhau.



Hình 13.41 *Mạng lục phương của silicat lớp (a). Hình phía dưới (b) là nhìn từ phía bên cạnh, gồm hai lớp $[SiO_4]^{4-}$, ở giữa có một lớp $Mg(OH)_2$*

Nếu trong lớp tứ diện có Al^{3+} thay thế đồng hình cho Si^{4+}, hóa trị âm do đó sẽ dôi ra. Lúc đó, cần xem số lượng ion Al^{3+} thay vào nhiều hay ít mà các ion kích thước lớn như K hay Ca sẽ điền vào giữa các tầng để trung hòa tổng số hóa trị âm của toàn mạng.

Tùy theo sự sắp xếp của các nhóm kiến trúc và các ion điền vào giữa các tầng mà có các loại silicat lớp khác nhau.

Chính do kiến trúc đặc biệt như vậy nên các khoáng vật thuộc các lớp phụ này có dạng tấm, dạng vẩy, cát khai hoàn toàn theo {001}. Độ cứng thấp. Tất cả đều có ánh thủy tinh. Có tính hấp phụ cation.

Các khoáng vật silicat lớp gồm nhiều khoáng vật sét giữ vai trò rất quan trọng trong vỏ phong hóa và các thành hệ trầm tích.

Các nhà nghiên cứu trầm tích đã tranh luận nhiều về định nghĩa khoáng vật sét, cho tới nay vẫn chưa có định nghĩa thật hoàn chỉnh cho khoáng vật sét. Nói chung khoáng vật sét là những khoáng vật phân tán nhỏ, kích thước hạt <0,001mm, có kiến trúc dạng lớp, hấp thu cation mạnh và thường có nguồn gốc trầm tích hoặc phong hóa. Nhóm kaolin, halozit, monmorilonit,... là những nhóm khoáng vật sét phổ biến và quan trọng, chúng ta sẽ lần lượt nghiên cứu dưới đây.

1- Nhóm tan

Tan - $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$

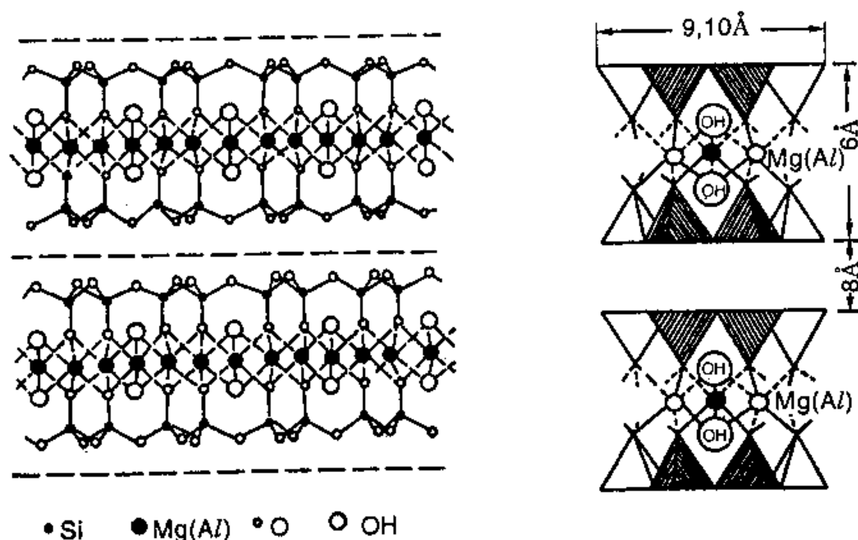
Tan còn gọi là hoạt thạch.

Thành phần hóa học: MgO: 31,7%; SiO_2: 63,5%; H_2O: 4,8%. Thường một phần MgO có thể thay thế bởi FeO (2 - 5%). Có thể chứa Al_2O_3 (2%) và một ít NiO.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^6 -$ $C2/c$ *hoặc* $C_s^4 - Cc$; $a_o = 5{,}26\,\text{Å}$; $b_o = 9{,}10\,\text{Å}$; $c_o = 18{,}81\,\text{Å}$; $\beta = 100°00'$.

Kiến trúc tinh thể: Kiến trúc của tan gồm hai lớp tứ diện, đỉnh hoạt động quay vào nhau, ở giữa xen kẽ một lớp bát diện. Các đỉnh oxi hoạt động của tứ diện cũng tham gia vào các bát diện cho nên mỗi ion Mg^{2+} ở trung tâm có bốn ion oxi và hai ion $(OH)^{1-}$ vây quanh, có số phối trí 6 (xem H.13.42).

Trong một tầng điện lượng của các lớp đã trung hòa lẫn nhau, do đó giữa các tầng chỉ gắn với nhau bằng mối liên kết phân tử. Điều đó quyết định tính cát khai hoàn toàn, độ cứng thấp, các tấm tách ra dẻo và quyết định các tính chất vật lý khác của tan.



Hình 13.42 *Kiến trúc của tan biểu diễn theo phối trí ion (A) và phối trí đa diện (B)*

Hình dạng tinh thể: Tấm vẩy, hiếm gặp tinh thể đẹp. Thường gặp tập hợp dạng vẩy. Ở trạng thái đặc xít gọi là *steatit*.

Tính chất vật lý: Màu lục nhạt hoặc trắng phớt vàng, phớt lục. Ánh thủy tinh Ng = 1,575 - 1,590; Nm = 1,575 - 1,590; Np = 1,538 - 1,545. Độ cứng 1, loại đặc xít (steatit) có độ cứng cao hơn một ít. Sờ trơn tay. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Tỷ trọng 2,7 - 2,8.

Chịu nhiệt cao. Không nóng chảy dưới 1300°.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là sản phẩm biến chất nhiệt dịch của các đá siêu bazơ, giàu magie, cùng gặp với cromit tàn dư và các khoáng vật sinh sau như manhezit, hematit, manhetit. Sự thành tạo tan theo sơ đồ phản ứng sau:

$$4(Mg, Fe)_2[SiO_4] + H_2O + 3CO_2 \longrightarrow Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2 + 3MgCO_3 + Fe_2O_3$$

olivin tan manheztit hematit

Tan còn là sản phẩm biến chất tiếp xúc trao đổi, thành tạo ở giai đoạn nhiệt dịch, tại chỗ tiếp xúc giữa đá đolomit và đá macma xâm nhập theo sơ đồ phản ứng sau:

$$3CaMg[CO_3]_2 + 4SiO_2 + H_2O \longrightarrow Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2 + 3CaCO_3 + 3CO_2$$

đolomit tan canxit

Đặc điểm nhận biết: Độ cứng thấp, sờ trơn tay, cát khai hoàn toàn thành vẩy mỏng.

Nước ta có tan tại Vạn Yên, Phú Thọ, Điện Biên Phủ. Thế giới có ở Uran (Nga), Canađa.

Công dụng: Là nguyên liệu chịu lửa, chịu axít. Dùng trong công nghiệp giấy, cao su, tạc tượng, điêu khắc,... Ngoài ra còn dùng làm chất cách điện.

Pirophilit - $Al_2[Si_4O_{10}][OH]_2$

Theo tiếng Hi Lạp "Piros" - ngọn lửa, "philon" - lá. Tên gọi pirophilit là vì khi đốt dưới ngọn lửa ống thổi thì khoáng vật tách thành lá mỏng.

Thành phần hoá học: Al_2O_3: 28,3%, SiO_2: 66,7%, H_2O: 5,0%. Hàm lượng của các thành phần riêng biệt thay đổi khá lớn. Hỗn hợp đồng hình có thể gặp là MgO: trên 9%, FeO: 5%, Fe_2O_3, CaO, các nguyên tố kiềm và oxit titan.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng: lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^6 - C2/c$; $a_o = 5,14\,Å$; $b_o = 8,90\,Å$; $c_o = 18,55\,Å$; $\beta = 99°55'$.

Hình dạng tinh thể: Thường gặp tinh thể dạng tấm, vẩy. Tập hợp tấm tỏa tia. Khối đặc xít vẩy ẩn tinh gọi là *agamatolit* hoặc *pagodit*.

Tính chất vật lý: Màu trắng có sắc vàng hoặc lục nhạt thường trong suốt. Ánh thủy tinh với sắc xà cừ trên tập hợp dạng tấm. Ng = 1,600, Nm = 1,588 và Np = 1,522. Độ cứng 1. Sờ mát tay. Tấm mỏng dễ bẻ cong. Không đàn hồi. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Tỷ trọng 2,66 - 2,90.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Gặp trong các mỏ kiểu mạch nhiệt dịch nhiệt độ thấp, cộng sinh với thạch anh, cacbonat, hematit, được thành tạo do biến đổi nhiệt dịch các đá phun trào axit.

Pirophilit phổ biến rộng rãi trong các đá phiến giàu nhôm bị biến chất, đôi khi có quy mô rất lớn.

Thỉnh thoảng còn gặp pirophilit giả hình theo andaluzit, disten, mutcovit và các silicat alumin và alumosilicat khác do quá trình chồng gối của các hoạt động nhiệt dịch.

Ở nước ta các đá phun trào riolit pocfia, daxit pocfia, cuội kết, cát kết tufogen, vụn núi lửa vùng Tấn Mài (Quảng Ninh) bị biến chất trao đổi nhiệt dịch thành tạo

quaczit thứ sinh, trong đó kaolinit - pirophilit chiếm thành phần chủ yếu. Ngoài ra còn có alunit, dickit, diaspo, thạch anh, xerixit, v.v...

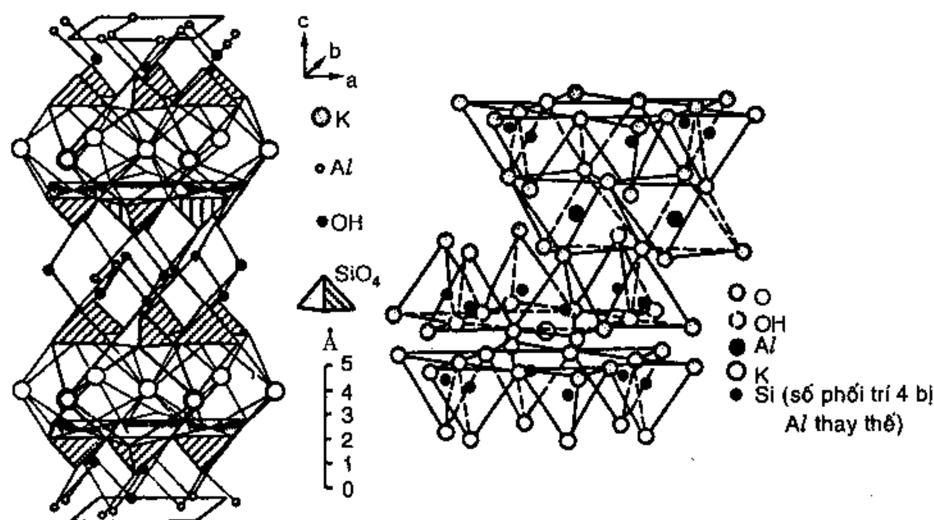
Pirophilit Tấn Mài có tập hợp khối đặc xít với các vẩy tỏa tia màu trắng phớt vàng, xanh nhạt với vân hoa rất hấp dẫn, trữ lượng lớn đã được khai thác để sử dụng trong công nghiệp và xuất khẩu.

Trên thế giới pirophilit có ở tây nam Nhật Bản, Hàn Quốc, Trung Quốc, Uran (Nga), bắc Carolin (Mỹ), Braxin.

Công dụng: Pirophilit được sử dụng trong công nghiệp xi măng trắng, vật liệu chịu lửa, cách điện, gốm sứ, phụ gia cao su, giấy, tạc tượng và chế tác đồ mỹ nghệ.

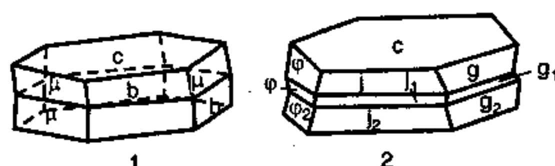
2- Nhóm mica

Nhóm này gồm những khoáng vật tạo đá rất phổ biến trong tự nhiên. Chiếm 3,8% trọng lượng vỏ Trái Đất. Kiến trúc của nó giống như kiến trúc của tan kéo dài và trong các tứ diện, một phần tư số Si^{4+} bị Al^{2+} thay thế. Sự thay thế làm giải phóng một hóa trị âm. Để bù vào đó, trong mạng cần phải có thêm một cation điền vào giữa các tầng. Công thức của gốc anion có thể viết $[AlSi_3O_{10}]^{5-}$. Như vậy nhóm kiến trúc cơ bản của mica là các tầng ba lớp gồm 2 lớp tứ diện $[SiO_4]^{4-}$, $[AlO_4]^{5-}$ và lớp bát diện ở giữa có các cation như Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, v.v... (xem H.13.43).



***Hình 13.43** Kiến trúc tinh thể của mutcovit*

Trong kiến trúc mutcovit, ba ion Al^{3+} thì hai có số phối trí 6 và một có số phối trí 4. Ion kali không nằm trong tầng, mà nằm trung gian giữa các tầng, nó có tác dụng liên kết các tầng, ép sít các lớp với nhau và chặn không cho nước và các phân tử phân cực khác chui vào, nên thường gọi là



***Hình 13.44** Song tinh theo luật mica (1); song tinh đa hợp theo luật clorit (2) b{010}; c{001}; μ{111}; g{261}; φ{9.27.17}; j{31.0.30}*

"chốt kali". Do đó độ cứng của nhóm mica từ 2 - 3, cao hơn của tan. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Thường gặp song tinh ghép theo qui luật mica (xem H.13.44).

Mutcovit - $KAl_2 [AlSi_3O_{10}] (OH)_2$

Tên gọi từ tiếng Ý "muska" tức là Matcơva, nơi đã xuất khẩu nhiều mica sang Tây Âu.

Thành phần hóa học: K_2O: 11,8%; Al_2O_3: 38,5%; SiO_2: 45,2%; H_2O: 4,5%. Nếu có chứa Cr_2O_3 (vài phần trăm) có màu lục tươi gọi là fucxit.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ hệ thoi: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^6 - C2/c$, $a_o = 5{,}18\,\text{Å}$; $b_o = 9{,}02\,\text{Å}$; $c_o = 20{,}04\,\text{Å}$; $\beta = 95°30'$.

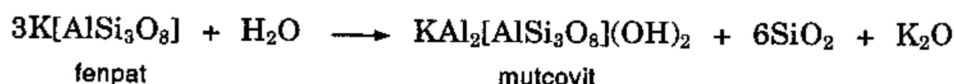
Hình dạng tinh thể: Tấm dẹt, đôi khi có dạng cột, dạng tháp, mặt bên cạnh thường có khía mạnh theo phương nằm ngang. Thường có tập hợp dạng lá, hoặc vẩy đặc xít. Dạng ẩn tinh ánh tơ gọi là *xerixit*.

Tính chất vật lý: Không màu, thường có sắc vàng xám lục. Riêng fucxit có màu lục tươi. Ánh thủy tinh, Ng = 1,588 - 1615; Nm = 1,582 - 1,611; Np = 1,552 - 1,572. Độ cứng 2 - 3. Có tính đàn hồi. Cát khai hoàn toàn theo {001}.

Tỷ trọng 2,76 - 3,10. Có tính cách điện tốt.

Nguồn gốc khoáng sàng: Mutcovit là khoáng vật phổ biến nhất trong nhóm mica.

Là khoáng vật tạo đá của nhiều đá macma, nhất là đá granit, cộng sinh với fenpat, thạch anh. Trong greizen (do đá granit bị biến chất), mutcovit là khoáng vật chủ yếu, do fenpat kali thành tạo trước biến thành. Phản ứng xảy ra như sau:

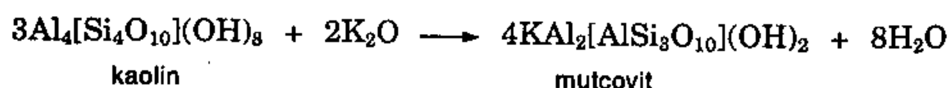


$$\underset{\text{fenpat}}{3K[AlSi_3O_8]} + H_2O \longrightarrow \underset{\text{mutcovit}}{KAl_2[AlSi_3O_8](OH)_2} + 6SiO_2 + K_2O$$

Trong các mạch pecmatit granit gặp những tinh thể mutcovit khá lớn.

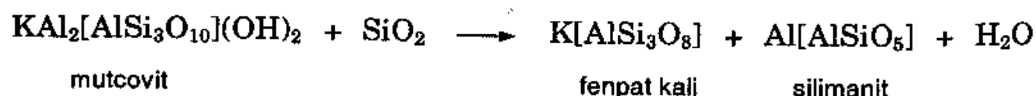
Trong các đá biến chất mutcovit và xerixit khá phổ biến (đá phiến mica, đá phiến xerixit).

Trong quá trình biến chất, mutcovit có thể do đá sét tác dụng với kali trong điều kiện nhiệt độ tương đối cao tạo thành. Ví dụ, phản ứng của kaolin biến thành mutcovit dưới đây:



$$\underset{\text{kaolin}}{3Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8} + 2K_2O \longrightarrow \underset{\text{mutcovit}}{4KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2} + 8H_2O$$

Nhưng trong điều kiện nhiệt độ rất cao, mutcovit không ổn định biến thành fenpat kali và silimanit. Phản ứng xảy ra như sau:



$$\underset{\text{mutcovit}}{KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2} + SiO_2 \longrightarrow \underset{\text{fenpat kali}}{K[AlSi_3O_8]} + \underset{\text{silimanit}}{Al[AlSiO_5]} + H_2O$$

Trong điều kiện phong hóa mạnh, mutcovit biến thành kaolin và hidromutcovit.

Đặc điểm nhận biết: Màu tươi, dạng tinh thể, tính cát khai, tính đàn hồi, khó nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi thành men trắng, không bị phá hủy trong axít.

Nước ta có mutcovit ở trong các mạch pecmatit dọc sông Hồng từ Phú Thọ, Yên Bái đến Lào Cai. Trong pecmatit vùng Đại Lộc (Quảng Nam) có nhiều mutcovit tấm lớn đi cùng thạch anh tinh thể. Trên thế giới có ở Xibia (Nga), Ấn Độ, Braxin, Canađa.

Công dụng: Ứng dụng quan trọng nhất là tính cách điện của mutcovit. Dùng làm chất cách điện, tụ điện trong các linh kiện thiết bị điện.

Bột mica dùng làm nguyên liệu chịu lửa: chế tạo các tấm micanit có kích thước khác nhau, ngói lợp (fibro ximăng), giấy bồi, màu chịu lửa, đồ gốm, chế tạo các màng mỏng trên mica.

Biotit - $K(Mg, Fe)_3 [Si_3AlO_{10}](OH, F)_2$

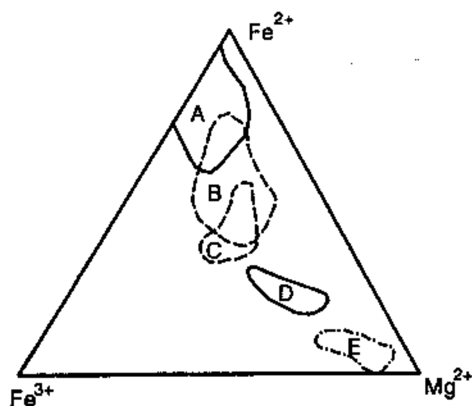
Gọi theo tên nhà vật lý Pháp J.B.Biot.

Thành phần hóa học: ngoài những thành phần có trong công thức còn có BaO, Na_2O, FeO, đôi khi MnO, CaO, Cr_2O_3, NiO, TiO_2, Li_2O, SrO và Cs_2O. Tùy theo nguồn gốc khác nhau, thành phần biotit thay đổi khá nhiều (xem H.13.45).

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^6 – $C2/c$; $a_o = 5{,}30\,Å$; $b_o = 9{,}21\,Å$; $c_o = 20{,}32\,Å$; $\beta = 99°18'$.

Hình dạng tinh thể: Tấm dẹt hoặc dạng trụ, dạng tháp. Thường gặp song tinh. Tập hợp dạng tấm hoặc vẩy đặc xít.

Tính chất vật lý: Màu đen, nâu. Ánh thủy tinh trên mặt cát khai có ánh ngọc, Ng = Nm = 1,60 - 1,66. Np = 1,56 - 1,60. Độ cứng 2 - 3. Có tính đàn hồi. Cát khai rất hoàn toàn theo {001}. Tỷ trọng 3,02 - 3,12.



A- Biotit trong granit pecmatit

B- Biotit trong granit và granodiorit

C- Biotit trong fonolit và diorit

D- Biotit trong đá siêu bazơ

Hình 13.45 *Sự thay đổi thành phần hóa học theo nguồn gốc của biotit*

Nguồn gốc và khoáng sàng: là khoáng vật tạo đá của nhiều đá macma.

Tinh thể lớn gặp trong pecmatit, cộng sinh với mutcovit.

Rất phổ biến trong các đá biến chất: đá phiến kết tinh, gơnai.

Đặc điểm nhận biết: Màu đen và tính chất vật lý khác như cát khai tấm mỏng, có tính chất đàn hồi.

Bị HCl tác dụng rất yếu, nhưng phá hủy hoàn toàn trong H_2SO_4, còn lại bộ xương silit. Khó nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi thành thủy tinh màu xám hoặc đen.

Ở nước ta có nhiều trong đá phiến kết tinh ven sông Hồng (Lào Cai, Yên Bái), trong các phức hệ đá biến chất của khối nâng Kontum.

Công dụng: Không có công dụng thực tế.

Flogopit - $KMg_3[AlSi_3O_{10}](F, OH)_2$

Thành phần hóa học: K_2O: 7 - 10,3%; MgO: 21,4 - 29,4%; Al_2O_3: 10,8% - 17%; SiO_2: 38,7% - 45%; H_2O: 0,3% - 5,4%; F tới 6%. Thường lẫn FeO (tới 9%), BaO (tới 25%) và Na_2O (tới 2%).

Tinh hệ: Một xiên. Dạng tinh thể lăng trụ thoi. L_2PC. Nhóm không gian $C_{2l}^{6}-C2/c$; a_o = 5,32 Å; b_o = 9,21 Å; c_o = 20,48 Å; β = 100°12'. *Hình dạng tinh thể:* Dạng tấm, trụ ngắn. Thường gặp song tinh. Tập hợp dạng lá và vẩy mỏng.

Tính chất vật lý: Màu nâu vàng hay nâu đỏ. Ánh thủy tinh. Trên mặt cát khai có ánh ngọc, Ng = Nm = 1,565 - 1,606; Np = 1,535 - 1,562. Độ cứng 2 - 3. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Tấm mỏng đàn hồi. Tỷ trọng 2,7 - 2,85. Không dẫn điện.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Flogopit gặp chủ yếu trong biến chất tiếp xúc trao đổi và thường thấy trong các mạch pecmatit xuyên vào đá vôi đolomit hóa.

Nó là sản phẩm của phản ứng tiếp xúc trao đổi giữa đá xâm nhập axit và các đá vây quanh giàu Mg nghèo Si. Cộng sinh với điopxit, focterit, spinen, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Thường có màu nâu vàng, flogopit hạt màu rất giống mutcovit, nhưng mutcovit không bị phá hủy trong axit.

Ở Việt Nam gặp flogopit trong đá hoa vùng Trọng Lộc (Quảng Nam).

Khoáng sàng flogopit lớn trên thế giới có Sliuđianka, ở Zabaican (Nga), Ontario (Canađa), Mađagasca, Ấn Độ, Triều Tiên.

Công dụng: Giống như mutcovit.

Lepiđolit - $KLi_{1,5}Al_{1,5}[Si_3AlO_{10}](F, OH)_2$

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "lepides" là vẩy, "litos" là đá, vì khoáng vật thường có dạng vẩy.

Thành phần hóa học: Không cố định K_2O: 4,82% - 13,85%; Li_2O: 1,23 - 5,90%; Al_2O_3: 11,33 - 28,8%; SiO_2: 46,90 - 60,06%; H_2O: 0,65 - 3,15%; F: 1,36 - 8,71%. Có lẫn MgO, FeO, MnO, CaO, Na_2O, Cs_2O, Rb_2O.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian: $C_{2h}^6 - C2/c$; $a_o = 5{,}20\,\mathring{A}$; $b_o = 8{,}95\,\mathring{A}$; $c_o = 20{,}12\,\mathring{A}$; $\beta = 100°48'$. *Hình dạng tinh thể*: Dạng tấm. Ít thấy tinh thể lớn, đẹp. Thường có tập hợp dạng lá, dạng vẩy nhỏ.

Tính chất vật lý: Màu trắng, hồng tím nhạt, hồng đào. Ánh thủy tinh. Ng = Nm = 1,55; Np = 1,53. Độ cứng 2 - 3, các tấm nhỏ đàn hồi.

Cát khai rất hoàn toàn theo {001}.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Có trong pecmatit và đôi khi có trong mạch nhiệt dịch nhiệt độ cao.

Thường gặp trong greizen (granit bị biến chất).

Đặc điểm nhận biết: Thường nhận biết do màu hồng và tím. Dễ nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi thành men trắng. Sau khi nung chảy mới hòa tan trong axít.

Công dụng: Là quặng liti. Muối liti có nhiều công dụng: chế ác qui, thủy tinh đặc biệt, tẩy heli trong nghề ảnh và quang tuyến X, chế tạo một số hợp kim đặc biệt.

3- Nhóm clorit

Nhóm này gồm khá nhiều khoáng vật, chúng có nhiều tính chất tương tự mica.

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "cloros" tức là màu lục (phần lớn các khoáng vật nhóm này có màu lục).

Thành phần hóa học: Công thức chung của nhóm này là:



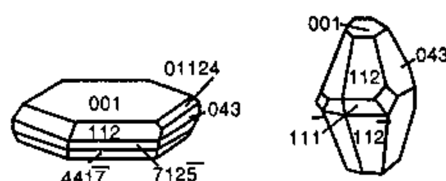
$$(Mg, Fe^{2+})_{n-p}\ (Al, Fe^{3+})_{2p}\ (OH)_{2(n-2)}\ [Al_{2p}Si_{4-2p}O_{10}]\ .\ H_2O$$

Trong công thức p là một nửa số ion hoá trị 3 tham gia trong thành phần anion phức $[AlO_4]^{5-}$, còn n thường bằng 5. Hiện tượng thay thế đồng hình khá phổ biến ($Mg^{2+} \longrightarrow Fe^{2+} \longrightarrow Mn^{2+}$; $Al^{3+} \longrightarrow Fe^{3+} \longrightarrow Cr^{3+}$).

Tùy theo thành phần hóa học, clorit có tên khác nhau:

Penin - $(Mg, Fe)_5Al(OH)_8\ [AlSi_3O_{10}]$
Clinoclo - $(Mg, Fe)_{4,75}Al_{1,25}(OH)_8\ [Al_{1,25}Si_{2,75}O_{10}]$
Proclorit - $(Mg, Fe)_{4,5}Al_{1,5}(OH)_8[Al_{1,5}Si_{2,75}O_{10}]$
Samozit - $Fe\ Al(OH)_6\ [AlSi_3O_{10}]nH_2O$
Turingit - $Fe_{3,5}(Al, Fe)_{1,5}[Al_{1,5}Si_{2,5}O_{10}]\ (OH)_6nH_2O$

Tinh hệ: Một xiên. *Kiến trúc tinh thể*: giống như mutcovit, chỉ khác là vị trí của K^{1+} được thay thế bằng các bát diện bruxit hoặc hiđracgilit. *Hình dạng tinh thể*: Có dạng tấm hoặc dạng thùng (H.13.46).



Hình 13.46 *Các tinh thể clorit (clinoclo)*

Thường gặp tập hợp dạng tấm, dạng vẩy hoặc dạng đặc xít.

Tính chất vật lý: Màu lục với sắc khác nhau, lục nhạt (*clinoclo*), lục vỏ chai tối, đen lục (*penin, turingit, proclorit*), xám sẫm, phớt lục (*samozit*). Ánh thủy tinh. Độ cứng 2,0 - 3,0. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Tỷ trọng thấp 2,6 - 2,9. Riêng loại clorit sắt có tỷ trọng lớn hơn (*samozit, turingit*) từ 3 - 3,4.

Nguồn gốc khoáng sàng: Thành tạo trong điều kiện biến chất, là thành phần của đá phiến clorit (nhiệt độ thành tạo thấp, ở nhiệt độ cao nó bị biến đổi thành granat và cocđierit) do biotit và hocblen biến đổi thành.

Đặc điểm nhận biết: Màu lục, cát khai hoàn toàn, độ cứng thấp, không đàn hồi. Phân biệt các thứ clorit với nhau phải bằng phân tích hóa học.

Trên thế giới có ở Đức, Uran (Nga), Thụy Điển.

Công dụng: Chỉ có samozit và turingit nếu có nhiều dùng làm quặng sắt, còn các khoáng vật khác không có công dụng thực tế.

4- Nhóm secpentin

Secpentin - $Mg[Si_4O_{10}](OH)_8$

Từ tiếng latin "secpentin" là rắn vì loại đá chứa secpentin có vân màu sắc giống da rắn.

Thành phần hóa học: MgO: 43,0%, SiO_2: 44,1%, H_2O: 12,9%. Thường có chứa FeO, Fe_2O_3 và NiO.

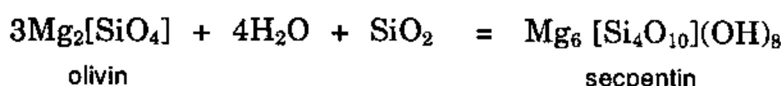
Tinh hệ: Môt xiên (đối với antigorit là loại secpentin kết tinh dạng vẩy).

Hình dạng tinh thể: Không thành tinh thể rõ ràng. Thường gặp tinh thể dạng đặc xít. Thứ secpentin bị biến đổi có dạng keo giàu nước gọi là *ofit*. Thứ có dạng lá như clorit gọi là *antigorit*.

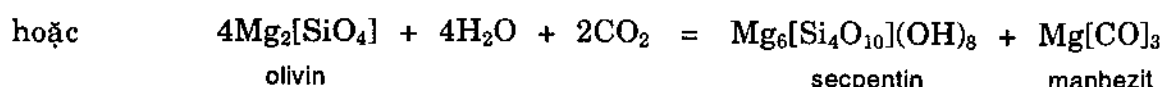
Tính chất vật lý: Màu lục vỏ chai tới lục đen; ofit có màu lục nhạt, antigorit có màu xám xanh. Ánh thủy tinh. Ofit có ánh sáp. Độ cứng 2,5 - 3, độ cứng của ofit là 2, của antigorit là 3,5. Chỉ có antigorit có cát khai theo {001} thành từng tấm. Tỷ trọng 2,5 - 2,7.

Nguồn gốc khoáng sàng: Do các đá siêu bazơ (nhất là đá chứa olivin: đunit, periđotit, ...) bị biến đổi nhiệt dịch.

Quá trình secpentin hóa xảy ra theo phản ứng sau:

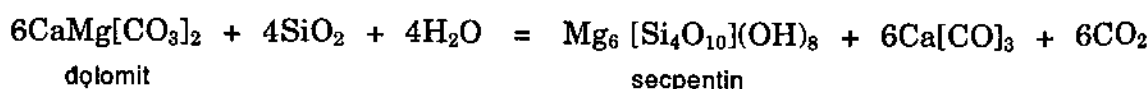


$$\underset{\text{olivin}}{3Mg_2[SiO_4]} + 4H_2O + SiO_2 = \underset{\text{secpentin}}{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8}$$



hoặc $$\underset{\text{olivin}}{4Mg_2[SiO_4]} + 4H_2O + 2CO_2 = \underset{\text{secpentin}}{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8} + \underset{\text{manhezit}}{Mg[CO]_3}$$

Secpentin còn được thành tạo trong đá vôi đolomit hóa dưới tác dụng của các dung dịch nhiệt dịch theo phản ứng sau:



$$\underset{\text{đolomit}}{6CaMg[CO_3]_2} + 4SiO_2 + 4H_2O = \underset{\text{secpentin}}{Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8} + 6Ca[CO]_3 + 6CO_2$$

Đặc điểm nhận biết: Nhận biết dễ theo màu lục sẫm, độ cứng thấp, ánh mỡ và láng. Loại antigorit có màu xám xanh có độ cứng cao hơn và rất dai.

Khó nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Phá hủy trong axit HCl và H_2SO_4. Nung trong ống nghiệm thoát ra nhiều nước.

Nước ta có secpentin ở Núi Nưa (Thanh Hóa) Tạ Khoa (Sơn La).

Trên thế giới có tại Uran, Zabaican, Zakapca, Ukraina và đảo Tân Calêđôni.

Công dụng:

- Dùng chế các hợp chất magie trong công nghiệp hóa học. Thứ đặc xít có màu đẹp dùng làm đá tạc, dùng làm các đồ mỹ nghệ (hộp nhỏ, lọ hoa, v.v...).
- Loại nghèo silit trộn với manhezit làm gạch chịu lửa dùng trong luyện kim đen.

Atbet - Crizotin

Là một thứ secpentin dạng sợi tóc nhỏ. Tên gọi từ chữ Hy Lạp "cryzos" là vàng "tilos" là tóc, vì khoáng vật có màu vàng ánh giống như tóc vàng.

Các sợi thường nhỏ dài từ vài phần mười milimet đến 50 milimet, có khi tới 160 milimet, đường kính chỉ bé tới vài milimicron.

Tính chất vật lý: Màu vàng lục, có ánh vàng. Ánh tơ. Độ cứng 2 - 3. Tách ra được thành những sợi rất nhỏ và bền, dẻo (đường kính của sởi có thể tách được là 0,0001mm hoặc nhỏ hơn nữa tức là đạt tới kích thước của tướng phân tán trong chất keo). Chịu được lửa, chịu được kiềm.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Cũng như secpentin, do các đá siêu bazơ giàu magie bị biến đổi nhiệt dịch tạo thành, nhưng hiếm hơn secpentin dạng khối nhiều.

Đặc điểm nhận biết: Dạng sợi, dẻo, Phân biệt với atbet amfibon do tính chất quang học và nhờ tác dụng với axit (atbet - crizotin bị hòa tan trong axit, còn atbet amfibon không bị axit tác dụng).

Nước ta có các mạch nhỏ atbet crizotin ở Núi Nưa, Cổ Định (Thanh Hóa).

Công dụng: Từ trước người ta đã dùng atbet - crizotin để dệt vải chịu lửa. Càng ngày nó càng được sử dụng trong nhiều ngành công nghiệp: các dụng cụ lọc, dây hãm trong ô tô, những sản phẩm cao su atbet. Chế fibrô xi măng, xi măng atbet, và nhiều dụng cụ cách điện.

5- Nhóm kaolin

Kaolin - $Al_4 [Si_4O_{10}](OH)_8$

Tên gọi từ chữ "Cao Lĩnh" là tên vùng núi ở Giang tây (Trung Quốc) lần đầu tiên phát hiện có mỏ kaolin.

Thành phần hóa học: Al_2O_3: 39,5%; SiO_2; 46,5%; H_2O: 14%, có chứa thêm Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, BaO, v.v ...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng nhị diện không trục: P. Nhóm không gian C_8^4- Cc; $a_o = 5{,}14$ Å; $b_o = 8{,}90$ Å; $\beta = 100°10'$.

Kiến trúc tinh thể: Kiến trúc tầng hai lớp: một lớp tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ và một lớp bát diện ở giữa có Al^{3+} giữa các tầng gắn kết với nhau bởi liên kết phân tử (H.13.47). Điều đó quyết định tính chất cát khai rất hoàn toàn và dễ dàng tách thành vẩy nhỏ của kaolin.

O O OH Al Si

***Hình 13.47** Kiến trúc tinh thể của kaolin*

Hình dạng tinh thể: Rất hiếm tinh thể đẹp, tinh thể thường rất nhỏ (dưới 1mm). Thường gặp tập hợp dạng đất bở, vẩy, hoặc hạt nhỏ đặc xít. Dưới kính hiển vi điện tử thấy những tinh thể hình lục giác.

Tính chất vật lý: Từng vẩy riêng và tấm nhỏ không màu. Các khối đặc xít màu trắng hoặc vàng nâu, phớt đỏ. Từng tinh thể riêng lẻ có ánh thủy tinh, dạng tập hợp ánh mỡ. Độ cứng 1; từng vẩy nhỏ dẻo nhưng không đàn hồi. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Tỷ trọng 2,58 - 2,60.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Khôi chính thành tạo trong điều kiện phong hóa các đá macma và biến chất giàu alumosilicat (fenpat, mica,...) như đá granit, gơnai, pocfia thạch anh. Quá trình thành tạo kaolin theo phản ứng sau:

$$\underset{\text{fenpat}}{4K[AlSi_3O_8]} + 4H_2O + 2CO_2 = \underset{\text{kaolin}}{Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8} + 8SiO_2 = 2K_2CO_8$$

Trong quá trình biến chất khu vực ở nhiệt độ trên 300°C kaolin hoàn toàn phá hủy biến thành các khoáng vật khác nhau: mica, silimanit, đisten, v.v...

Đặc điểm nhận biết: Khối đặc xít kaolin dễ bóp vụn trong tay, khô thì hút nước mạnh, khi ướt thì dẻo dễ nặn.

Ở dạng ẩn tinh, muốn xác định chính xác phải nhờ phân tích rơngen, phân tích nhiệt và các phương pháp khác.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không phá hủy trong HCl và HNO_3 nhưng bị phá hủy trong H_2SO.

Ở nước ta mỏ kaolin phân bố rộng rãi khắp trên lãnh thổ, đã được khai thác sử dụng từ lâu. Kaolin Việt nam có nhiều nguồn gốc khác nhau.

Kaolin nguồn gốc biến đổi nhiệt dịch các đá riolit, riolit pocfia, riodaxit, fenzit gặp ở vùng Móng Cái (Quảng Ninh) đặc trưng là mỏ Tấn Mài. Vùng Đà Lạt có mỏ kaolin Prenn, Datanla, Xuân Thọ thuộc kiểu nguồn gốc này.

Kaolin nguồn gốc phong hoá phân bố ở nhiều nơi:

- Kaolin phong hoá từ pecmatit có các mỏ Thạch Khoán, Thanh Thủy, Thạch Xá (Phú Thọ), Bù Me, Bái Thượng (Thanh Hoá), Qùy Hợp, Quỳ Châu (Nghệ An), Đức Bố (Quảng Nam).

- Kaolin phong hoá từ đá granit gặp ở Trại Mát (Đà Lạt), từ granit aplit gặp ở Đại Lộc, Quế Sơn, Bà Nà (Quảng Nam). Trong thành phần khoáng vật ngoài kaolin còn có gipsit và các sản phẩm phong hoá của vùng nhiệt đới ẩm.

- Kaolin phong hoá từ trầm tích có mỏ Trúc Thôn (Hải Dương), một số mỏ phân bố dọc theo sông Hồng, sông Chảy, sông Ba, các mỏ Hương Hồ, Phú Bài, Bến Tuần (Thừa Thiên - Huế).

Kaolin nguồn gốc trầm tích gặp ở Bến cát, Chánh Lưu, Thủ Dầu Một, Đất Cuốc (Bình Dương), Thủ Đức, Củ Chi (thành phố Hồ Chí Minh), Sóc Sơn (Hà Nội),Đồng Khoang (Thanh Hoá). Ngoài ra ở Nghệ An, Hà Tĩnh, Quảng Bình, Huế, Tây Nam Bộ đều gặp nhiều mỏ kaolin trầm tích. Thành phần khoáng vật quặng ngoài kaolin chủ yếu thường còn lẫn cả hidromica, halozit, monmorilonit, thạch anh, fenpat tàn dư, ít inmenit, rutin, manhetit, v.v...

Trên thế giới có ở Ukraina, Uran (Liên Xô), Anh, Tiệp, Pháp, Trung Quốc.

Công dụng: Kaolin được dùng trong rất nhiều ngành công nghiệp. Nó là nguyên liệu quan trọng để làm gốm sứ, chất phụ gia ngành giấy, cao su, chế oxit nhôm, và nhiều ứng dụng khác nữa.

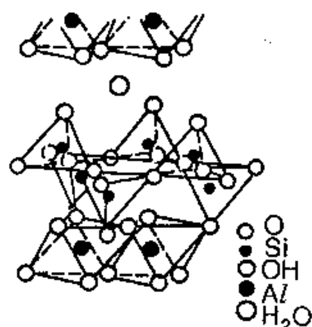
6- Nhóm halozit

Các nhóm khoáng vật này chỉ phân biệt với kaolin là trong thành phần có chứa những phân tử nước.

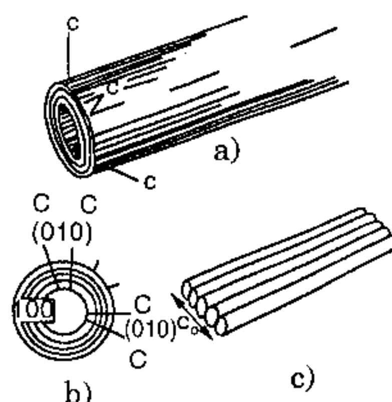
Halozit - Al_4 $[Si_4O_{10}]$ $(OH)_8.4H_2O$

Thành phần hóa học: Al_2O_3: 34,7%, SiO_2: 40,8%, H_2O: 24,5%. Trong thành phần hóa học số phân tử nước không cố định nhưng không vượt quá bốn phân tử. Ngoài ra còn lẫn vào Fe_2O_3, Cr_2O_3, NiO, ...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng nhị diện không trục: *P*. Nhóm không gian C_s^3 -*Cm*; a_o = 5,201 Å; b_o = 8,92 Å; c_o = 10,25 Å; β = 100°. *Kiến trúc tinh thể*: Khác với kaolin, kiến trúc tinh thể của halozit có lớp tứ diện mà các đỉnh tự do của nó một nửa hướng lên phía trên và một nửa chúc đầu xuống dưới (H.13.48). Những đỉnh hướng lên phía trên do $(OH)^{1-}$ chiếm nên vẫn giữ được các phân tử nước nằm giữa hai tầng kiến trúc. *Hình dạng tinh thể:* Dạng tinh thể không rõ. Dưới kính hiển vi điện tử thấy những tinh thể hình que, hình ống (H.13.49) khác hẳn dạng vẩy lục giác của kaolin.



Hình 13.48 Kiến trúc tinh thể của halozit



Hình 13.49 Tinh thể halozit dạng ống (theo tài liệu kính hiển vi điện tử)

a) Những ống riêng lẻ; b) Tiết diện của ống c) Các ống kết hợp với nhau

Tính chất vật lý: Màu trắng với nhiều sắc khác nhau. Ánh đất và ánh sáp. Chiết suất tăng khi số phân tử nước giảm, trung bình thay đổi từ 1,507 - 1,550. Độ cứng 1 - 2. Dòn, lấy móng tay miết thì láng. Khối đặc xít khô, nếu vỡ ra thì thành những mảnh có góc cạnh, có vết vỡ vỏ sò phẳng. Sau khi mất nước không hút nước trở lại. Tỷ trọng 2,00 - 2,20.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Halozit có nguồn gốc ngoại sinh. Thường thấy trong vỏ phong hóa các đá.

Đặc điểm nhận biết: Khối đặc xít màu trắng, vết vỡ. Muốn phân biệt chính xác với kaolin phải dùng phương pháp phân tích thoát nước.

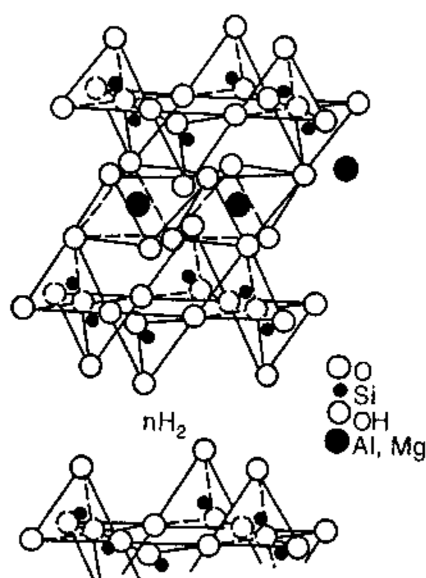
Công dụng: Dùng trong công nghiệp gốm sứ.

7- Nhóm monmorilonit

Monmorilonit - $(Al, Mg)_2 [Si_4O_{10}] (OH)_2 . nH_2O$

Thành phần hóa học: Không cố định, tùy theo lượng nước mà thay đổi. SiO_2: 48 - 56%, Al_2O_3: 11 - 22%, MgO: 4 - 9%, H_2O: 12 – 24%. Đôi khi có Fe_2O_3: 5%, CaO: 0,8 - 3,5%.

Tinh hệ: Một xiên; $a_o = 5,10\,Å$; $b_o = 8,83\,Å$; $c_o = 15,2\,Å$; (khi nung nóng tới 400°C; $c_o = 9,6\,Å$; đôi khi lên tới 28,4 Å). *Kiến trúc tinh thể*: Khác với kiến trúc của kaolin và halozit, ở đây lớp "hydracgilit" nằm giữa hai lớp tứ diện $[SiO_4]^{4-}$ (H.13.50). Về mặt này kiến trúc của monmorilonit gần giống kiến trúc của tan, còn hướng của các tứ diện trong mỗi lớp lẻ thì không khác gì halozit, nghĩa là các tứ diện quay về hai phía, một đỉnh của nó có ion oxi tham gia trong thành phần của lớp hydracgilit. Còn các đỉnh có $(OH)^{1-}$ quay ra ngoài. Như vậy trong mỗi tầng về hai phía đều có ion $(OH)^{1-}$ có khả năng liên kết các phân tử nước.



***Hình 13.50** Kiến trúc tinh thể của monmorilonit*

Hình dạng tinh thể: Không thấy bằng mắt thường. Dưới kính hiển vi điện tử thành từng đám, rìa hạt không rõ, có hình thù như những đám bông.

Tính chất vật lý: Màu trắng, hồng, đôi lúc có màu lục nhạt. Ánh đất, Ng = 1,516 - 1,527; Nm = 1,516 - 1,526; Np = 1,493 - 1,503. Độ cứng 1. Dẻo. Tỷ trọng gần 2. Cho nước vào phồng lên, thể tích có thể tăng lên vài lần. Nó có tính hấp phụ và trao đổi cation rất mạnh.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Do các đá macma bazơ bị phong hóa trong môi trường kiềm.

Nhiều loại đất sét bentonit gồm có monmorilonit là sản phẩm phá hủy của tro núi lửa lắng đọng trong các vũng biển, các bồn trũng giữa núi có môi trường kiềm.

Đặc điểm nhận biết: Hút nước mạnh và phồng lên.

Ở Việt Nam monmorilonit gặp ở nhiều nơi, nó chiếm tỷ lệ lớn trong thành phần của một loại sét gọi là "bentonit", được sử dụng rộng rãi trong công nghiệp dầu khí (tên gọi loại sét này xuất phát từ khoáng sàng Benton - Mỹ). Ngoài monmorolonit, trong sét bentonit còn gặp hidromica, kaolinit, sepiolit, palưgockit, cristobalit, zeolit.

Các mỏ bentonit nổi tiếng ở nước ta có thể kể là mỏ Gia Quy (Đồng Nai), mỏ Đại Hiệp (Lâm Đồng). Trong trầm tích Neogen, bentonit được thành tạo từ môi trường kiềm lắng đọng các tro và thủy tinh núi lửa bazan. Thành phần khoáng vật chủ yếu là monmorilonit.

Các địa phương khác đã phát hiện các mỏ bentonit là Gia Lai - Kontum, Tuy Phong (Bình Thuận), Khánh Hoà.

Dải quặng sét bentonit vùng tây nam sông Hậu từ Long Xuyên (An Giang) đến Sóc Trăng có trữ lượng và chất lượng tốt rất triển vọng cho ngành công nghiệp khai thác và chế biến khoáng sản.

Các khoáng sàng lớn gặp ở Grudia, Mỹ, Pháp, Đức, Nhật.

Công dụng: Trong công nghiệp dầu khí dùng để làm dung dịch khoan. Nhờ có tính hấp phụ mạnh, trong công nghiệp dệt dùng để tẩy các chất nhờn khỏi len dạ. Monmorilonit còn được dùng trong công nghiệp cao su và các ngành công nghiệp dân dụng khác.

Lớp phụ E

SILICAT CÓ CÁC TỨ DIỆN $[SiO_4]^{4-}$ NỐI LIỀN VỚI NHAU THEO CẢ BA PHƯƠNG TRONG KHÔNG GIAN - SILICAT KHUNG

Hầu hết các hợp chất của lớp phụ này là những alumosilicat rất phổ biến trong tự nhiên và có nhiều hợp chất là những khoáng vật tạo đá quan trọng.

1- Mỗi tứ diện $[(Al, Si)O_4]$ đều có bốn đỉnh chung cho tứ diện kề bên. Vì vậy chúng liên kết với nhau theo cả ba phương trong không gian. Gốc anion phức tạp của các khoáng vật lớp phụ này có công thức chung là: $[Al_mSi_{n-m}O_{2n}]^{m-}$

Trong đó ta thấy tỷ số (Al + Si) : O luôn luôn bằng 1 : 2.

Số lượng các cation Al^{3+} thay thế Si^{4+} không quá một nửa. Tỷ số Si^{4+} : Al^{3+} là 3 : 1, 3 : 2 và 1: 1, tức là các anion phức tạp có thể biểu diễn bằng những công thức:


$[AlSiO_4]^{1-}$, $[AlSi_3O_8]^{1-}$, $[Al_2Si_3O_{10}]^{2-}$, $[Al_2Si_2O_8]^{2-}$

2- Trong lớp phụ này chỉ thấy có những cation bán kính lớn với số phối trí lớn: Na^{1+}, Ca^{2+}, K^{1+}, Ba^{2+} đôi khi Cs^{1+} và Rb^{1+}. Hoàn toàn vắng mặt các cation nhỏ với số phối trí là 6 như Mg^{2+}, Mn^{2+}, Al^{3+}, Fe^{3+}, v.v... mà chúng khá phổ biến trong lớp phụ trước. Chúng ta hãy xét xem tại sao như vậy. Nhìn vào công thức các gốc anion:


$[AlSi_3O_8]^{1-}$, $[Al_2Si_2O_8]^{2-}$, $[Al_2Si_3O_{10}]^{2-}$

ta thấy rằng với anion phức tạp $[AlSi_3O_8]^{1-}$ thì mỗi ion oxi có một phần tám hóa trị âm chưa bão hòa, anion phức tạp $[Al_2Si_2O_8]^{2-}$, mỗi ion oxi có một phần tư hóa trị chưa bão hòa và anion phức tạp $[Al_2Si_3O_{10}]^{2-}$, mỗi ion oxi có một phần năm hóa trị chưa bão hòa. Nhưng cation như Mg^{2+} chỉ có số phối trí 6 tức là không thể có hơn sáu oxi bao bọc xung quanh nó. Như vậy nó đòi hỏi ở mỗi ion oxi xung quanh một phần ba hóa trị âm chưa bão hòa. Ở đây hóa trị âm của các ion oxi của các tứ diện $[(Si, Al)O_4]^{1-}$ không đủ số lượng trên.

Do đó chỉ các cation lớn hơn, có số phối trí lớn hơn (số phối trí 8 hoặc hơn nữa) mới phù hợp.

Trong lớp phụ này còn có các cation phụ như F^{1-}, Cl^{1-}, $(OH)^{1-}$, $[SO_4]^{2-}$, v.v..., các anion phụ này liên kết với các cation ở bên ngoài tứ diện (Na^{1+}, Ca^{2+}, Ba^{2+},...). Ngoài ra còn có nhóm khoáng vật zeolit có các phân tử H_2O liên kết yếu ớt trong kiến trúc tinh thể, khi ta khử nước hoặc thay thế nước bằng các phân tử khác (như cồn) thì kiến trúc tinh thể không bị phá hủy.

3- Các khoáng vật lớp phụ này có những tính chất vật lý chung. Chúng đều nhạt màu (vì không có các cation mang màu), chiết suất tương đối thấp (trung bình 1,525). Tỷ trọng thấp. Độ cứng nói chung từ 5 - 6,5. Có tính cát khai trung bình theo một vài phương, vì tuy rằng các tứ diện liên kết với nhau theo cả ba phương, nhưng trong một vài phương nào đó vẫn có sự chồng khít chặt chẽ hơn.

4- Trong lớp phụ này người ta chia làm ba kiểu:

Kiểu 1: alumosilicat không chứa nước và anion phụ, gồm có các nhóm:

Nhóm fenpat

Nhóm nefelin

Nhóm lơxit

Kiểu 2: alumosilicat có anion phụ:

Nhóm scapolit

Nhóm cancrinit

Nhóm sođalit

Kiểu 3: alumosilicat chứa nước:

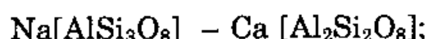
Nhóm zeolit

Dưới đây chỉ trình bày một số khoáng vật quan trọng.

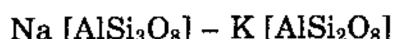
1- Nhóm fenpat

Đây là nhóm khoáng vật quan trọng, chúng là những khoáng vật phổ biến nhất, chiếm 50% khối lượng của vỏ Trái Đất. Trong đó khoảng 60% trong đá macma, 30% trong đá biến chất, khoảng 10% ở trong cát kết và cuội kết.

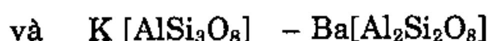
Chúng là những alumosilicat Na, K, Ca, Ba. Đôi khi có các nguyên tố Li, Rb, Cs. Hiện tượng đồng hình cùng hóa trị và không cùng hóa trị rất phổ biến. Ví dụ, những đồng hình:



$$Na[AlSi_3O_8] - Ca[Al_2Si_2O_8];$$

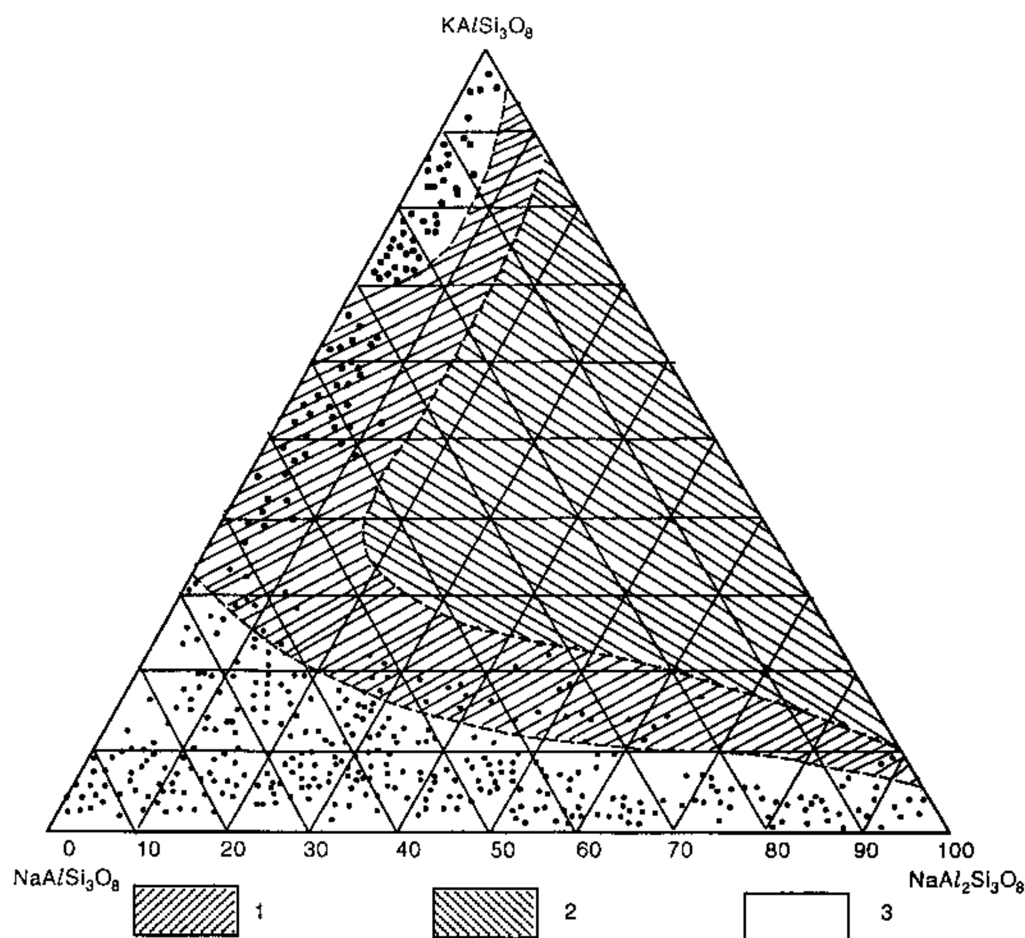


$$Na[AlSi_3O_8] - K[AlSi_2O_8]$$



$$\text{và} \quad K[AlSi_3O_8] - Ba[Al_2Si_2O_8]$$

Đối với hai loại trên ta có thể biểu diễn mức độ thay thế đồng hình hoàn toàn trên cơ sở tam giác (H.13.51).



Hình 13.51 *Biểu đồ thay đổi thành phần hóa học của fenpat*

Các khoáng vật fenpat kết tinh trong tinh hệ một xiên hoặc ba xiên, nhưng đều có kiến trúc tinh thể tương tự nhau. Chúng có những tinh chất vật lý giống nhau: màu sáng tươi; chiết suất thấp; độ cứng 6 - 6,5; tỷ trọng 2,5 - 2,7.

Theo thành phần hóa học, người ta chia fenpat làm ba nhóm phụ:

1- Fenpat canxi-natri: Nhóm phụ plagiocla

2- Fenpat kali-natri: Nhóm phụ octocla

3- Fenpat kali-bari: Nhóm phụ hialofan, hiếm gặp hơn cả.

Nhóm phụ plagiocla

Từ chữ Hy Lạp "plagiocla" là tách xiên vì góc giữa hai mặt cát khai là 86°24' tới 86°50' chứ không vuông góc với nhau.

Nhóm phụ này gồm một loạt hỗn hợp đồng hình mà vế đầu là anbit- $Na[AlSi_3O_8]$ và vế cuối là anoctit - Ca $[Al_2Si_2O_8]$.

Nhóm phụ này gồm những khoáng vật có thành phần thay đổi liên tục như sau (tính theo % các phân tử anoctit):

Anbit (viết tắt là Ab) – $Na[AlSi_8O_8]$	0 - 10% An	Hỗn hợp đồng hình của Ab và An
Oligocla	10 - 30%	
Anđezin	30 - 50%	
Labrađo	50 - 70%	
Bitaonit	70 - 90%	
Anoctit (viết tắt là An) – $Ca[Al_2Si_2O_8]$	90 - 100% An	

Công thức chung của nhóm phụ là:

$$(100 - n)\ Na\ [AlSi_3O_8].nCa[Al_2Si_2O_8] \quad \text{với } n = 0 \rightarrow 100$$

Thường người ta chia plagiocla làm ba loại:

Plagiocla axit	0 - 30% (An)
Plagiocla trung tính	30 - 60% (An)
Plagiocla bazơ	60 - 100% (An)

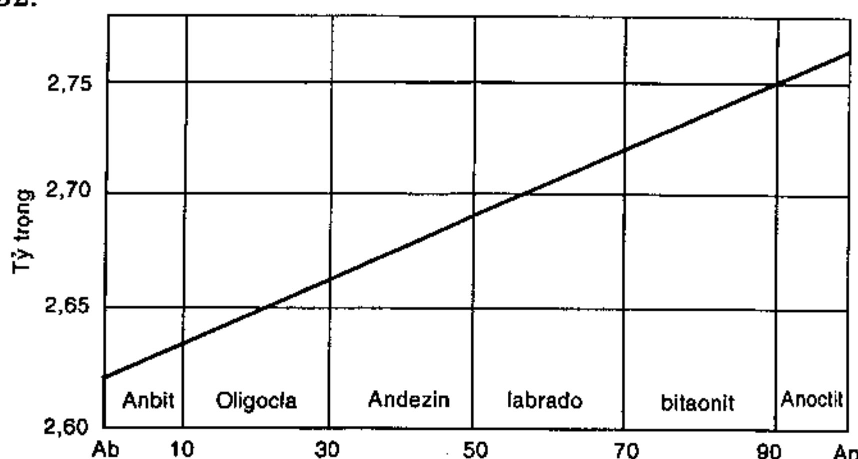
Người ta hay gọi plagiocla theo con số tương ứng với tỷ lệ anoctit chứa trong nó. *Ví dụ*, plagiocla N^{O}63 tức là plagiocla chứa 63% anoctit và 37% anbit.

Thành phần hóa học: Theo bảng 13.7. Thường có lẫn K, Ba, Sr, Fe.

Bảng 13.7 *Thành phần hóa học và tỷ trọng của plagiocla*

Thành phần	Plagiocla N^{O}0	N^O 25	N^{O}50	N^{O}75	N^{O}100
Na_2O	10,76	8,84	5,89	2,92	-
CaO	-	5,03	10,05	15,08	20,10
Al_2O_3	19,40	23,70	28,01	32,33	36,62
SiO_2	68,81	62,43	56,05	49,67	43,28
Tỷ trọng	2,621	2,643	2,669	2,705	2,758

Sự phụ thuộc giữa tỷ trọng và thành phần hóa học có thể được biểu diễn trong sơ đồ hình 13.52.



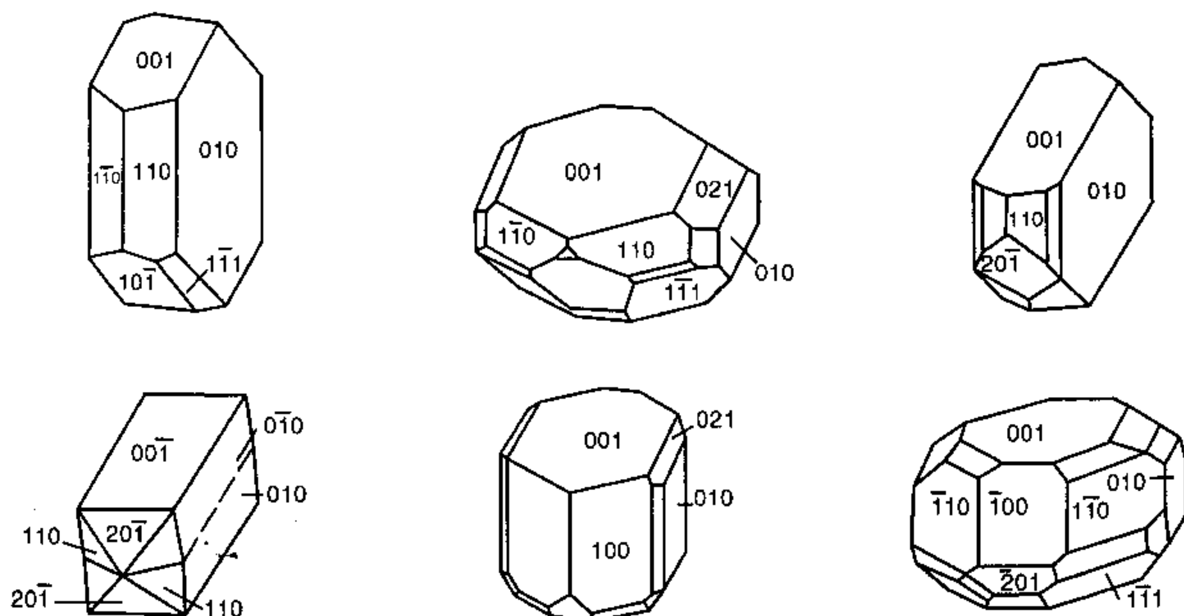
Hình 13.52 *Sự phụ thuộc giữa thành phần An (%) với tỷ trọng của plagiocla*

Tinh hệ: Ba xiên. Dạng đối xứng mặt trục: C. Nhóm không gian $C_i^1 - P1$. Các hằng số ô mạng thay đổ từ anbit đến anoctit (bảng 13.8).

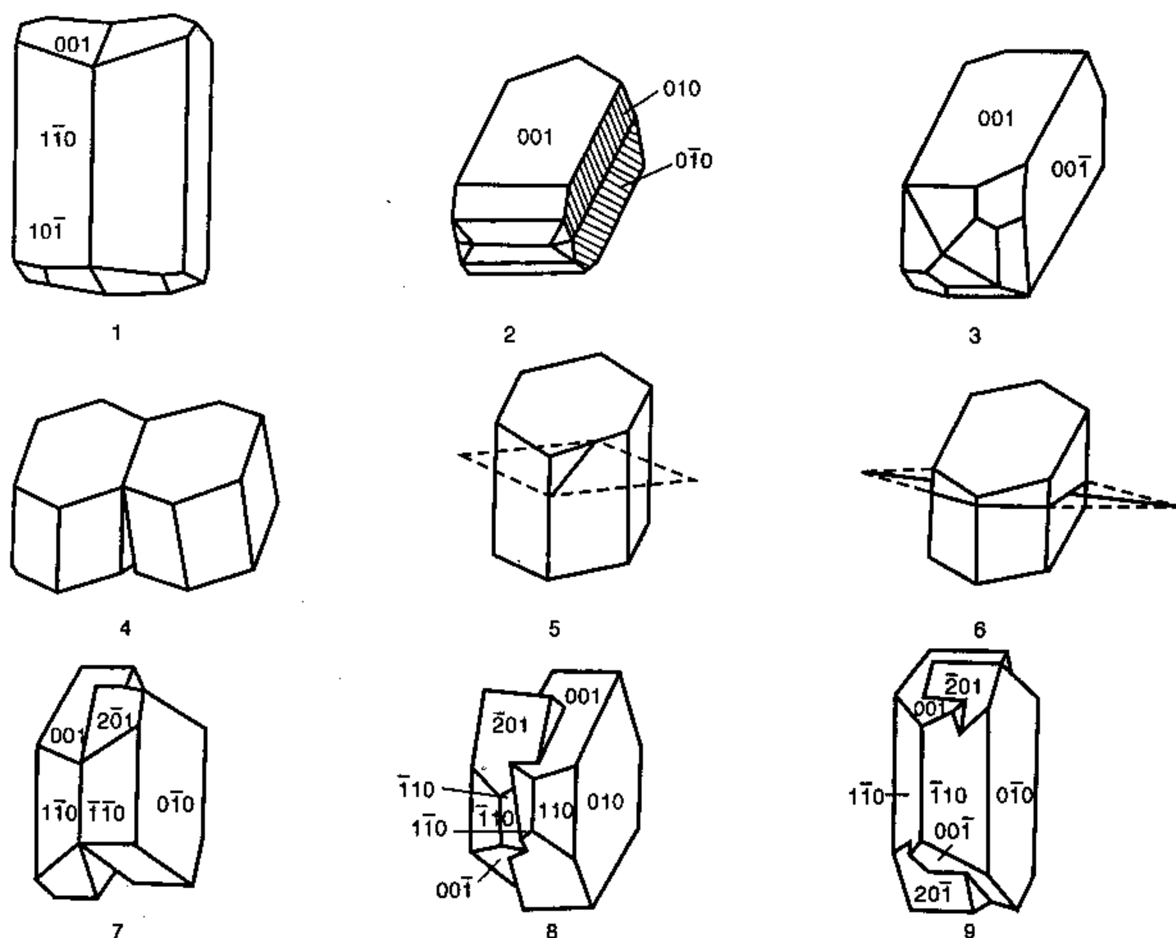
Bảng 13.8 *Hằng số ô mạng của plagiocla thay đổi theo các biến thể (tính bằng Å)*

Khoáng vật	a_o	b_o	c_o	α	β	γ
Anbit	8,23	13,00	7,25	94°03'	116°29'	88°09'
Anoctit	8,18	12,89	2 x 7,09	93°13'	115°66'	91°12'

Hình dạng tinh thể: Các tinh thể có dạng tấm và lăng trụ dẹt (H.13.53). Song tinh đa hợp rất phổ biến (H.13.54). Trong hổng pecmatit gặp tinh đám. Thường có dạng tập hợp hạt.



Hình 13.53 *Các tinh thể plagiocla*



1- Song tinh anbit; 2- Song tinh Manbach; 3- Song tinh Baven; 4- Vị trí của đơn tinh thể trước khi thành tạo song tinh Periclin; 5- Tiết diện thoi của anbit; 6- Song tinh Periclin; 7- Vị trí đơn tinh thể trước khi thành tạo song tinh Cacbat; 8, 9- Song tinh Cacbat

Hình 13.54 *Các song tinh plagiocla*

Tính chất vật lý: Màu trắng xám, đôi khi phớt xanh, phớt lục. Ánh thủy tinh. Chiết suất của chúng thay đổi từ anbit đến anoctit một cách có quy luật.

Anbit: Ng = 1,536; Nm = 1,529; Np = 1,525

Anoctit: Ng = 1,588; Nm = 1,583; Np = 1,575

Nói chung sự tăng của chiết suất phụ thuộc vào phân tử $Ca[Al_2Si_2O_8]$.

Độ cứng 6 - 6,5. Cát khai hoàn toàn theo {001} và {010}. Góc cát khai 86°24' → 86°50'. Tỷ trọng thay đổi theo hàm lượng của các thành phần tham gia.

Đặc điểm nhận biết: Ở dạng tinh thể lớn phân biệt với octocla bởi góc cát khai. Muốn phân biệt chính xác phải dùng kính hiển vi phân cực và bàn kính Feđorov.

Khó nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không hòa tan trong axít.

Nguồn gốc khoáng sàng: plagiocla là khoáng vật phổ biến trong vỏ Trái Đất, là khoáng vật tạo đá của nhiều đá macma. Tùy theo trình độ bazơ của plagiocla mà xác định là đá bazơ, trung tính hoặc axit. Trong đá bazơ (gabro) có plagiocla bazơ, trong những đá trung tính (điorit) và axit (granit) có các plagiocla trung tính và axit.

Trong pecmatit ta gặp những tinh thể plagiocla khá lớn.

Trong các đá phiến kết tinh thường gặp anbít.

Trong quá trình phong hóa, các plagiocla bị hoàn toàn phá hủy.

Công dụng: Loại labrađo mài nhẵn đẹp, dùng làm đá trang trí. Các loại khác có thể dùng trong công nghiệp gốm sứ.

Nhóm phụ octocla

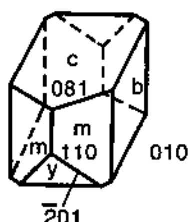
Nhóm phụ này gồm các fenpat kali-natri, chúng thành tạo trong những khoảng nhiệt độ khác nhau. Tùy theo nhiệt độ thành tạo chúng kết tinh trong những tinh hệ khác nhau.

Ví dụ: hợp chất $K[AlSi_3O_8]$ có thể kết tinh trong tinh hệ một xiên gọi là sanidin hoặc octocla và kết tinh trong tinh hệ ba xiên gọi là microclin và anoctocla.

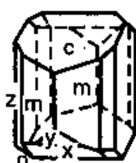
Do kích thước của K^{1+} và Na^{1+} khác nhau nhiều ($R_{K+} = 1{,}33\,\text{Å}$; $R_{Na+} = 0{,}98\,\text{Å}$) nên các dung dịch cứng thành tạo ở nhiệt độ cao, khi nhiệt độ hạ xuống bị phá hủy tạo nên *kiến trúc pectit* (tức là các chất do dung dịch cứng phá hủy ra, giao nhau một cách có qui luật). Trong nhóm phụ này ta chỉ nghiên cứu hai khoáng vật quan trọng: octocla và microclin.

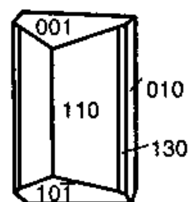
Octocla - $K[AlSi_3O_8]$

"Octocla" tiếng Hy Lạp là tách thẳng vì hai hệ thống cát khai của nó thẳng góc với nhau. Thứ octocla trong suốt gọi là *ađule* (H.13.55).









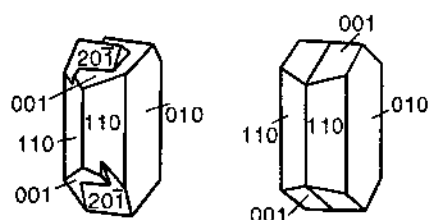
Hình 13.55 *Các tinh thể fenpat kali m{110}; b{010}; c{001}; x{101}; y{201}; z{130}; o{111}*

Hình 13.56 *Tinh thể ađule*

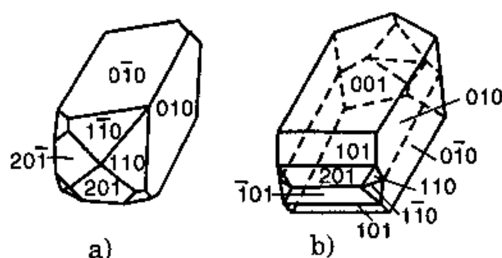
Thành phần hóa học: K_2O: 16,9%; Al_2O_3: 18,4%; SiO_2: 64,7%. Thường chứa Na_2O tới vài phần trăm (đôi khi nhiều hơn K_2O) gọi là natri - octocla, có lẫn BaO, FeO, Fe_2O_3.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^3 – $C2/m$; $a_o = 8{,}60\,\text{Å}$; $b_o = 13{,}06\,\text{Å}$; $c_o = 7{,}19\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Thường gặp dạng lăng trụ. Các mặt phát triển nhất là: lăng trụ {110}, song diện {010} và {001} (H.13.55). Tinh thể trong suốt gọi là ađule (H.13.56). Thường gặp song tinh Cacbat (H.13.57), đôi khi có song tinh theo luật Baven (H.13.58A) và Manbach (H.13.58B).



Hình 13.57 *Song tinh Cacbat*



Hình 13.58 *Song tinh Baven (a) và song tinh Manbach (b)*

Tính chất vật lý: Màu hồng tươi, vàng, nâu, trắng, đỏ thịt. Ánh thủy tinh. Độ cứng 6 - 6,5. Cát khai hoàn toàn theo {001} và {010} với góc 90°.

Nguồn gốc khoáng sàng: Trong macma axít và một phần trong macma trung tính.

Trong pecmatit granit đi cùng với microclin nhưng hiếm hơn. Trong điều kiện phong hóa bị biến thành kaolin.

Đặc điểm nhận biết: Dễ nhận diện vì màu tươi, độ cứng cao, góc cát khai vuông.

Phân biệt với microclin nhờ microclin có song tinh mạng lưới. Để chính xác thì phải dùng kính hiển vi phân cực.

Công dụng: Dùng trong công nghiệp gốm sứ và thủy tinh.

Microclin - $K[AlSi_3O_8]$

Tiếng Hy Lạp "micro" là nhỏ, "clin" là nghiêng, vì góc giữa các mặt cát khai nghiêng đi 20" so với góc 90°.

Thành phần hóa học: Giống octocla, loại màu lục có chứa Rb_2O và Cs_2O. hầu như bao giờ cũng có chứa Na_2O.

Tinh hệ: Ba xiên. Dạng đối xứng mặt trục: *C*. Nhóm không gian $C_i^1 - P\bar{1}$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể và song tinh giống octocla. Các song tinh đa hợp nhỏ có hình dạng rất đặc trưng (nhìn dưới kính hiển vi phân cực). Có tinh thể to trong pecmatit, lớn tới vài mét, nặng tới 100 tấn.

Tính chất vật lý: Màu giống octocla, loại màu lục gọi là amazonit. Ánh thủy tinh, Ng = 1,525; Mn = 1,522; Np = 1,518. Độ cứng 6 - 6,5. Cát khai hoàn toàn theo {001} và {010} góc cát khai gần 90°. Tỷ trọng 2,54 - 2,57.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong các đá macma xâm nhập axít và kiềm (granit, granođiorit và sienit, ...), nhưng hiếm hơn octocla.

Là một trong những khoáng vật chính trong pecmatit.

Microclin thường đi cùng với thạch anh, mutcovit, biotit, anbit, đôi khi có nefelin; microclin và thạch anh hay gặp ghép với nhau có qui luật (dạng đá chữ cổ).

Đặc điểm nhận biết: Thường bề ngoài giống octocla. Phải phân biệt dưới kính hiển vi phân cực do cấu tạo mạng lưới và hằng số quang học.

Ở Việt Nam mỏ fenpat (tràng thạch) nằm trong các mạch pecmatit hoặc aplit xuyên qua granit hoặc đá phiến thạch anh - mica. Thành phần khoáng vật có microclin, octocla, thạch anh, mutcovit, biotit, berin, granat, v.v... ngoài ra còn chứa kim loại hiếm và kim loại phóng xạ. Khoáng sàng có giá trị công nghiệp là ở Thạch Khoán (Phú Thọ), Đại Lộc (Quảng Nam), Làng Tốt, Ba Tơ (Quảng Ngãi), Sông Hinh (Phú Yên), Núi Sam, Núi Két (An Giang).

Công dụng: Giống octocla.

Amazonit có màu đẹp để tạc đồ mỹ nghệ: hộp, lọ hoa có giá trị mỹ thuật cao.

2- Nhóm scapolit

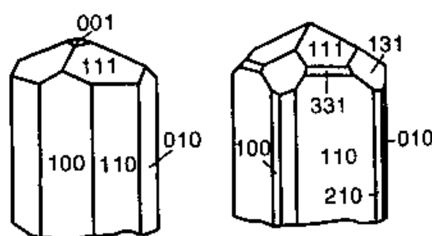
Nhóm này gồm loạt đồng hình của hai khoáng vật marialit $Na_4[AlSi_3O_8]$ (Cl) và meiolit Ca_4 $[Al_2Si_2O_8]$ (SO_4,CO_3). Ta thấy có tính đồng hình giống nhóm phụ plagioca, nhưng ở đây có thêm nhiều anion phụ Cl^{1-}, $[SO4]^{2-}$, $[CO_3]^{2-}$ có khi có F^{1-}, $(OH)^{1-}$, do đó trong mạng tinh thể cũng phải có cation Na^{1+},và Ca^{2+} bù thêm vào. Ta mô tả chung khoáng vật nhóm này.

Scapolit - (100 - n) Na_4 $[AlSi_3O_8]_3$ Cl. n $Ca_4[Al_2Si_2O_8]_3$ (SO_4, CO_3) trong đó n thay đổi từ 0 - 75.

Tên gọi từ tiếng Hy Lạp "scapos" là cột, "litos" là đá (vì tinh thể có dạng trụ kéo dài).

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp đôi bốn phương L_4PC. Nhóm không gian $C_{4h}^5 - I4/m$; $a_o = 12{,}24\,\text{Å}$; $c_o = 7{,}59\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Có dạng lăng trụ kéo dài theo trục thẳng đứng, thường gặp các mặt lăng trụ {100}, {110}, {010} (H.13.59). Các mặt tháp đôi {111}, {131}, {331}. Tinh thể đẹp chỉ thấy trong hổng, tinh đám. Thường gặp tập hợp hạt không đều, hoặc có khi dạng đặc xít.



Hình 13.59 *Tinh thể scapolit*

Tính chất vật lý: Không màu hoặc màu trắng, xám, lục, nâu. Ánh thủy tinh, Nm = 1,550 - 1,595; Np = 1,540 - 1,556. Độ cứng 5 - 6. Cát khai trung bình theo {100}, không hoàn toàn theo {110}. Tỷ trọng 2,6 - 2,75, tăng theo tỷ lệ của meiolit.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Chủ yếu thành tạo trong điều kiện biến chất do fenpat bị biến đổi bởi các dung dịch nóng có chứa Cl_2, SO_3 và CO_2. Hay gặp nhất ở chỗ tiếp xúc của đá vôi kết tinh với đá xâm nhập axít; thường scapolit chứa các bao thể nhỏ canxít, cộng sinh với điopxit, tremolit, sfen, granat. Trong khu vực này thường scapolit có dạng giả hình theo fenpat.

Ngoài ra còn thấy scapolit trong đá phiến kết tinh và trong những thể pecmatit, cũng do fenpat bị biến đổi thành.

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với fenpat do có dạng bốn phương rõ rệt và cát khai kém hơn.

Trong ngọn lửa ống thổi phồng lên rồi nóng chảy thành thủy tinh bột. Phá hủy một phần trong HCl, silít không tạo thành keo mà ở dạng bùn.

Trên thế giới scapolit có ở Baican, Uran (Nga), Mađagasca, Phần Lan, Na Uy.

3- Nhóm lơxit

Trong nhóm này ta chỉ mô tả một khoáng vật là lơxit.

Lơxit - $K[AlSi_2O_6]$

Tiếng Hy Lạp "leucos" là trắng gọi theo màu của khoáng vật, còn gọi là bạch lựu thạch.

Thành phần hóa học: K_2O: 21,5%; Al_2O_3: 23,5%; SiO_2: 55% có lẫn một ít Na_2O, CaO, H_2O.

Tinh hệ: Ở nhiệt độ cao hơn 620°C: lập phương; dưới 620°C: bốn phương. Nhóm không gian $C_{4h}^6 - I4_1/a$; $a_o = 13{,}04\,\text{Å}$; $c_o = 13{,}85\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Thành những thể đa diện đẹp rất hoàn hảo đặc trưng là đa diện 24 mặt tứ giác (H.13.60).

Thường thành tinh thể tự hình. Đôi khi có tập hợp dạng hạt.

Hình 13.60 *Tinh thể lơxit*

Tính chất vật lý: Không màu, trắng xám, xám tro. Ánh thủy tinh Ng = 1,500; Np = 1, 508. Độ cứng 5 - 6. Dòn. Không cát khai. Tỷ trọng 2,45 - 2,50.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Là khoáng vật macma nhiệt độ cao điển hình. Thường gặp trong các dung nham kiềm. Cộng sinh với piroxen kiềm (egirin), nefelin. Nó không cộng sinh với thạch anh vì khi có nhiều SiO_2 nó sẽ biến thành fenpat kali (octocla) theo công thức: $K[AlSi_2O_6] + SiO_2 \longrightarrow K[AlSi_3O_8]$

Ta cũng gặp lơxit trong tro của núi lửa.

Lơxit không vững bền, bị phong hóa và sản phẩm biến đổi cuối cùng là các khoáng vật sét; có khi ta gặp những sản phẩm trung gian là mutcovit, octocla và anaxim ($Na[AlSi_2O_6].H_2O$):

$$\underset{\text{lơxit}}{4K[AlSi_2O_6]} + 2CO_2 + 4H_2O \longrightarrow \underset{\text{kaolin}}{Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8} + 4SiO_2 + 2K_2CO_3$$

$$\underset{\text{lơxit}}{2K[AlSi_2O_6]} + Na_2CO_3 + H_2O \longrightarrow \underset{\text{anaxim}}{2Na[AlSi_2O_6].H_2O} + K_2CO_3$$

Đặc điểm nhận biết: Dạng tinh thể đặc trưng. Màu trắng. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Hòa tan trong HCl cho phân ly silicat bột.

Công dụng: Ở một số nước dùng lơxit là nguyên liệu để chế các hợp chất của nhôm và kali.

4- Nhóm nefelin

Nhóm này gồm các silicat với công thức $R^+[AlSiO_4]$, trong đó $R^+ = Li^+, Na^+, K^+$. Chúng kết tinh trong tinh hệ lập phương.

Trong điều kiện nhiệt độ cao $Na[AlSiO_4]$ và $K[AlSiO_4]$ tạo nên những dạng dung dịch cứng liên tục. Khi hạ thấp nhiệt độ dung dịch cứng bị phá hủy (vì kích thước Na^+, K^+ khác nhau quá nhiều).

Trong nhóm này chúng ta chỉ mô tả các khoáng vật nefelin.

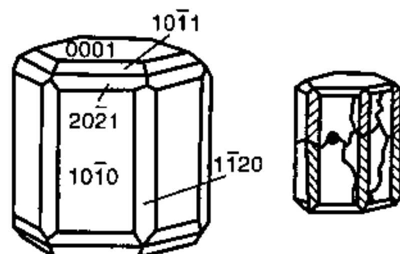
Nefelin - $Na[AlSiO_4]$

Tiếng Hy Lạp "nefeli" là đám mây (khi nhỏ axít đặc vào nó bị phá hủy và cho ta "đám mây" silit).

Thành phần hóa học: SiO_2: 44%; Al_2O_3: 33%; Na_2O: 16%; K_2O: 5% còn lại là CaO, MgO, Ga_2O_3, BeO. Thường SiO_2 nhiều hơn so với công thức (từ 3 - 10%).

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp sáu phương: L_6. Nhóm không gian $C_6^6 - P6_3$; $a_o = 10{,}05\,\text{Å}$; $c_o = 8{,}38\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Dạng lăng trụ hay tấm dày. Thường gặp các mặt lăng trụ {1010}, song diện {0001} (H.13.61). Các tinh thể rất hiếm gặp, phần lớn thấy trong hổng đá. Thường gặp dạng hạt tản mạn trong đá hoặc dạng khối đặc xít.



Hình 13.61 *Tinh thể nefelin*

Tính chất vật lý: Không màu, thường hơi trắng, xám phớt vàng, phớt lục. Ánh thủy tinh, Nm = 1,532 - 1,547; Np = 1,529 - 1,542; vết vỡ có ánh mỡ. Cát khai thực tế không có. Độ cứng 5 - 6. Dòn. Tỷ trọng 2,6.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Hầu như chỉ phổ biến trong đá macma kiềm nghèo silic (sienit có nefelin, pecmatit kiềm, fonolit,...).

Trong các đá chứa nefelin ở sâu, ta thấy nefelin cộng sinh với egirin (piroxen kiềm), fenpat kiềm (anbit, microclin), đôi khi có hocblen kiềm.

Cũng như lơxit, nefelin không bao giờ cộng sinh với thạch anh. Vì có nhiều SiO_2 nefelin biến thành anbit.

Trên mặt đất nefelin dễ bị phong hóa biến thành kaolin, cacbonat, sunfat.

Đặc điểm nhận biết: Màu trắng xám, ánh mỡ. Hòa tan trong axit phân hủy SiO_2 dưới dạng keo. Nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi khá dễ dàng.

Công dụng: Dùng trong công nghiệp thủy tinh, gốm sứ.

13.2 LỚP II: CACBONAT

Lớp này gồm các muối của axít cacbonic (H_2CO_3) gồm khoảng 80 khoáng vật, trong đó có nhiều khoáng vật phổ biến trong tự nhiên, nhất là $CaCO_3$ thường tạo thành những lớp trầm tích khổng lồ. Các cation quan trọng nhất là Mg^{2+}, Fe^{2+}, Zn^{2+}, Mn^{2+}, Ca^{2+}, Na^{1+}, Sr^{2+}, Pb^{2+}, Ba^{2+}, và cả Cu^{2+}, Pb^{2+} và Bi. Ngoài anion phức tạp $[CO_3]^{2-}$ còn có các anion phụ bổ sung $[OH]^{1-}$ và Cl^{1-}, F^{1-}.

Anion $[CO_3]^{2-}$ tạo nên hợp chất vững bền với những cation hóa trị 2, bán kính lớn và trung bình: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Ba^{2+},...) Các cation hóa trị 1 có kích thước tương đối lớn Na, K,...) có thể hợp với $[CO_3]^{2-}$ thành những cacbonat không nước nhưng phải có thêm cation H^+ cùng tham gia trong mạng tinh thể (tức là những cacbonat axit) mới vững bền. Các cation hóa trị 3 chỉ có các đất hiếm với anion bổ sung F^{1-}.

Phần lớn cacbonat kết tinh trong hệ hạng thấp (một xiên và thoi), nhưng cũng có một số lượng đáng kể khoáng vật kết tinh trong tinh hệ hạng trung (ba phương).

Tính chất vật lý phụ thuộc vào thành phần hóa học. Độ cứng trung bình là 3 (thay đổi từ 1,5 - 4,5). Tỷ trọng thay đổi từ 1,42 - 7. Chiết suất từ 1,4 - 2,1. Lưỡng chiết suất cao. Màu của cacbonat phụ thuộc vào các nguyên tố mang màu; cacbonat chứa đồng có màu xanh, lục; chứa uran: màu vàng; chứa đất hiếm: màu vàng tươi; chứa côban: màu hồng; chứa các nguyên tố khác: không màu hoặc trắng. Phần nhiều cacbonat có nguồn gốc ngoại sinh, cũng có một số lượng đáng kể khoáng vật có nguồn gốc nội sinh, là thành phần của các mạch nhiệt dịch.

Nhiều cacbonat có công dụng thực tế quan trọng: sử dụng trong luyện kim (cacbonat Fe, Mn, Mg, Cu), để lấy kim loại hiếm (coban, bismut,...) lấy các nguyên tố đất hiếm (Ce, La,...), cacbonat được dùng trong xây dựng (canxít, đolomit, manhezit), trong hóa học (sođa), dùng làm nguyên liệu chịu lửa (manhezit).

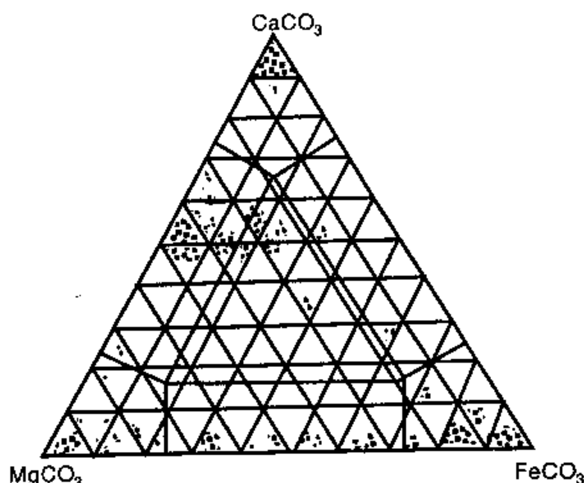
1- Nhóm canxit

Nhóm này bao gồm đa số các loại khoáng vật là cacbonat của các kim loại hóa trị 2 (viết theo thứ tự tăng dần của bán kính ion tính bằng $\mathring{A}$).

Mg^{2+}	Zn^{2+}	Fe^{2+}	Mn^{2+}	Ca^{2+}	Sr^{2+}	Pb^{2+}	Ba^{2+}
0,75	0,79	0,79	0,91	1,01	1,27	1,32	1,36

Trong đó những ion nào có bán kính nhỏ hơn Ca, thì tạo nên các khoáng vật có tính đồng hình, kết tinh trong tinh hệ ba phương. Còn các cation bán kính lớn hơn Ca thì tạo thành các khoáng vật kết tinh trong tinh hệ thoi. Riêng cacbonat canxi có tính đa hình có thể kết tinh trong tinh hệ ba phương (*canxit*) hoặc tinh hệ thoi (*aragonit*).

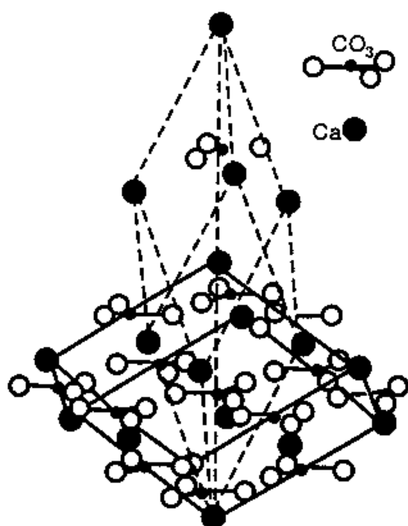
Từ kích thước các cation ta thấy Mg^{2+}, Zn^{2+}, và Fe^{2+} có thể thay thế lẫn nhau một cách phổ biến. Sự thay thế này có thể mở rộng tới Mn^{2+}. Nhưng đến Ca^{2+} thì rất khó và hầu như không thay thế được. Ca^{2+} chỉ có thể thay thế đồng hình hoàn toàn với Mn^{2+}; còn Ca^{2+} với Mg^{2+} chỉ tạo ra được các muối kép, ví dụ, đolomit $CaMg[CO_3]_2$.



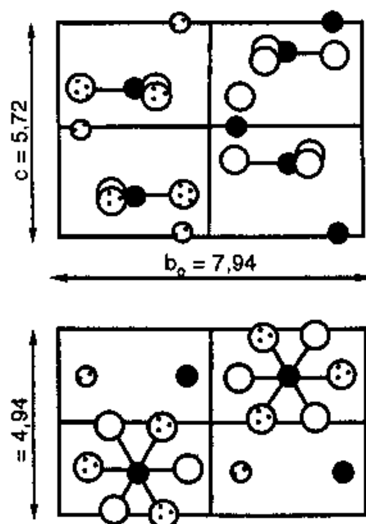
Hình 13.62 *Sơ đồ thành phần của cacbonat Fe, Mg và Ca*

Quan hệ thay thế đồng hình giữa cacbonat Fe, Mg, Ca xem sơ đồ sau (H.13.62).

Để hình dung kiến trúc tinh thể của canxit được rõ ràng, hãy lấy mạng tinh thể của muối ăn NaCl, ép mạng đó theo trục bậc 3 sao cho góc giữa các cạnh bằng 101°55' ta sẽ được mạng của canxít, trong đó Ca^{2+} thay vị trí Na^{1+} và $[CO_3]^{2-}$ thay vị trí Cl^{1-} (H.13.63).



Hình 13.63: *Kiến trúc tinh thể của canxit*



Hình 13.64: *Hình chiếu kiến trúc của aragonit*

Còn kiến trúc của tinh thể aragonit biểu diễn ở hình 13.64. Hình trên biểu diễn hình chiếu của ô mạng theo trục thứ nhất (trục x), hình dưới biểu diễn hình chiếu ô mạng theo trục thứ ba (trục z). Mỗi ô mạng có bốn nhóm $[CO_3]^{2-}$ xếp ở những độ cao khác nhau và có tâm của nhóm (chứa C) cùng nằm trên đường thẳng song song với trục z. Còn các ion canxi nằm ở những độ cao khác nhau và trên những đường thẳng song song với trục z.

Trong nhóm này trừ rođocrozit có màu hồng, các khoáng vật khác đều không màu hoặc màu trắng, chỉ khi có lẫn tạp chất mới mang các sắc khác nhau. Ánh thủy tinh, cát khai hoàn toàn theo mặt thoi. Độ cứng không lớn 3 - 5. Tỷ trọng tương đối nhỏ 2,6 - 3,9. Riêng smitsonit tỷ trọng lên tới 4,5.

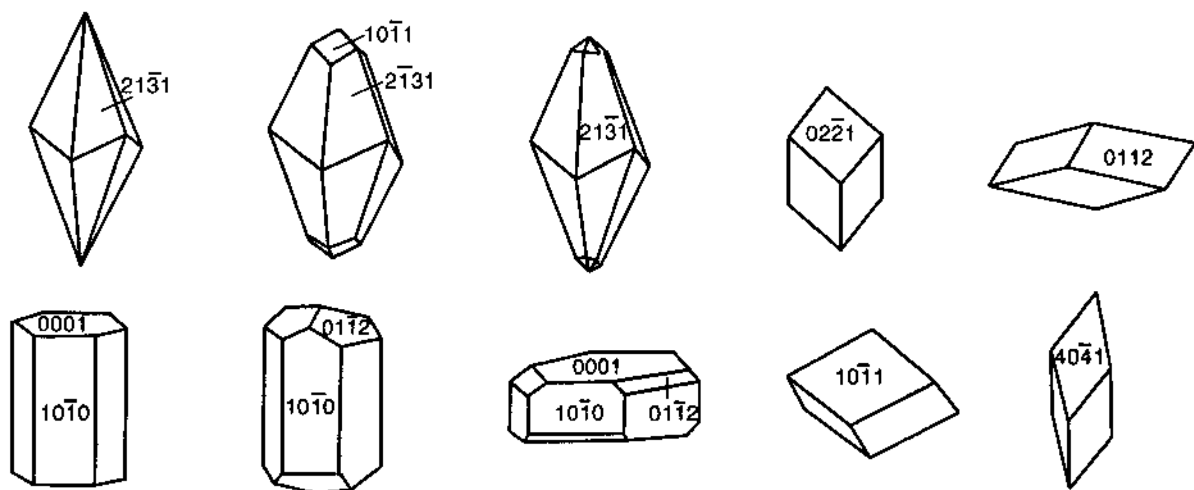
Canxit - $CaCO_3$

Thứ trong suốt gọi là *spat băng đảo* (Iceland Spar).

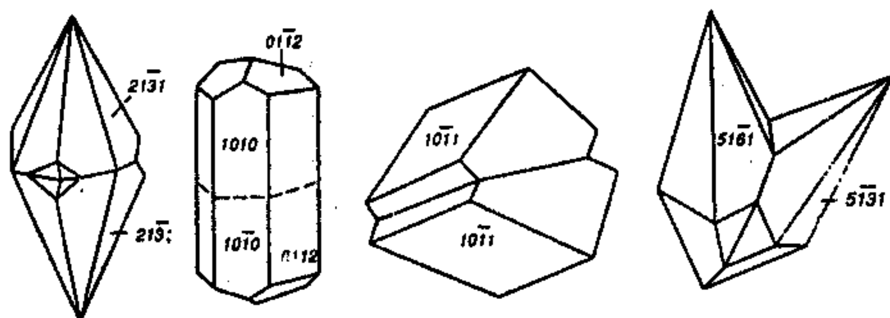
Thành phần hóa học: CaO: 56%; CO_2: 44%. Chứa hỗn hợp Mg, Fe, Mn (tới 8%), đôi khi có Zn, Sr.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng tam giác lệch ba phương kép: $L_3 3L_2 3PC$. Nhóm không gian $D_{3d}^6 - R3C$; $a_o = 4{,}98\,\text{Å}$; $c_o = 17{,}02\,\text{Å}$. *Hình dạng tinh thể*: Thường gặp khối mặt thang, khối tam giác lệch. Các đơn hình thường gặp là lăng trụ {1010} khối mặt thoi {1011}, v.v... (H.13.65).

Hay gặp song tinh, thường mặt song tinh là song diện hoặc khối mặt thoi (H.13.66).



Hình 13.65 *Các tinh thể canxit*



Hình 13.66 *Các song tinh canxit*

Trong các hổng gặp các tinh đám hạt lớn trong suốt hoặc nửa trong suốt (H.13.67). Hay gặp dạng thạch nhũ trong các hang đá vôi. Đá hoa gồm những khối hạt canxít đặc xít.



Hình 13.67 *Tinh đám canxit*

Tính chất vật lý: Không màu hoặc trắng sữa, khi lẫn tạp chất có màu hồng, đen, xám. Ánh thủy tinh, Nm = 1,658; Np = 1,486. Độ cứng 3. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo hình đơn hình khối mặt thoi {1011}. Tỷ trọng 2,6 - 2,8.

Nguồn gốc khoáng sàng: Là khoáng vật rất phổ biến trong tự nhiên, nó được thành tạo trong nhiều điều kiện địa chất khác nhau.

Thường gặp trong các mạch nhiệt dịch, là một trong những khoáng vật thành tạo cuối cùng trong các mạch quặng sunfua.

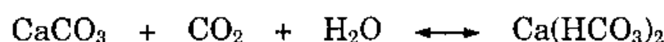
Những khối đá vôi khổng lồ có nguồn gốc trầm tích biển, có thể là trầm tích hoá học hoặc trầm tích hữu cơ.

Trong quá trình phong hóa, canxít được thành tạo trong các khe đá, hốc đá, tạo thành thạch nhũ hay cột đá.

Đặc điểm nhận biết: Cát khai theo mặt thoi. Độ cứng thấp, sủi bọt với axít.

Ở nước ta có nhiều núi đá vôi phân bố từ Hà Tiên (Kiên Giang) ra đến Hạ Long (Quảng Ninh). Các đá vôi này thành phần khoáng vật chủ yếu là canxit, đôi khi là dolomit. Đây là nguồn nguyên liệu quan trọng cho công nghiệp ximăng ở Việt nam.

Đá vôi thường bị nước mưa chứa axit cacbonic ăn mòn theo phản ứng:



$$CaCO_3 + CO_2 + H_2O \longleftrightarrow Ca(HCO_3)_2$$

Phản ứng xẩy ra rất mạnh mẽ và kết quả là tạo nên các hang động rất lớn với nhiều cảnh quan kỳ thú như ở Phong Nha (Quảng Bình), Chùa Hương (Hà Tây) và nhiều nơi khác (H.5.8).

Khoáng sàng canxit nổi tiếng thế giới là Ailen (Iceland).

Công dụng: Spat Băng Đảo có lưỡng chiết suất rất cao dùng làm nicon phân cực.

Đá hoa dùng trong việc trang hoàng các công trình kiến trúc.

Đá vôi dùng nung vôi, luyện kim, sản xuất ximăng, rải đường, làm đá in, dùng trong công nghiệp chế biến chất dẻo, nhựa PVC.

Đá phấn dùng làm phấn viết, làm bột nhẹ pha sơn, chất mài bóng, bột đánh răng, dùng trong công nghiệp cao su, v.v...

Manhezit - $MgCO_3$

Tên gọi từ chữ "manhezia" tên địa phương ở Hy Lạp, nơi tìm thấy khoáng vật này.

Thành phần hóa học: MgO: 47,6%, CO_2: 52,4%. Thường có chứa hỗn hợp $FeCO_3$, Mn, Ca.

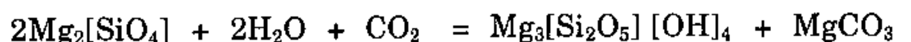
Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng và nhóm không gian giống canxit; a_o = 4,584 Å; c_o = 14,92 Å. *Hình dạng tinh thể*: Thường là khối mặt thoi. Ít gặp tinh thể, phần nhiều gặp những tập hợp hạt lớn. Khi bị phong hóa thành những khối vô định hình trắng như sứ.

Tính chất vật lý: Màu trắng, phớt vàng, phớt xám. Ánh thủy tinh. Nm = 1,700; Np = 1,509. Độ cứng 4 - 4,5. Cát khai hoàn toàn theo khối mặt thoi. Tỷ trọng 2,9 - 3,1.

Nguồn gốc khoáng sàng: Manhezit ít phổ biến hơn canxit, nhưng cũng có thể thành những khối tập trung lớn quan trọng trong kỹ thuật.

Manhezit có nguồn gốc nhiệt dịch, phát sinh do các dung dịch kiềm nóng tác dụng với trầm tích đolomit hóa.

Manhezit ẩn tinh phát sinh do quá trình phong hóa các đá bazơ và siêu bazơ. Trong quá trình phong hóa các silicat sắt bị biến thành hiđroxit Fe, đọng lại trên mặt, còn silicat Mg sẽ đi xuống các lớp phía dưới và tạo thành manhezit theo phản ứng sau:



$$2Mg_2[SiO_4] + 2H_2O + CO_2 = Mg_3[Si_2O_5][OH]_4 + MgCO_3$$

olivin secpentin manhezit

Đặc điểm nhận biết: Cát khai theo khối mặt thoi. Khó phân biệt với cacbonat khác, phải nhờ phân tích hóa học và quang học.

Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Không bị axit nguội tác dụng.

Ở nước ta có manhezit ở Núi Nưa (Thanh Hóa).

Các khoáng sàng lớn trên thế giới ở Nam Uran (Nga), Trung Quốc, Triều Tiên, Cộng hoà Sec.

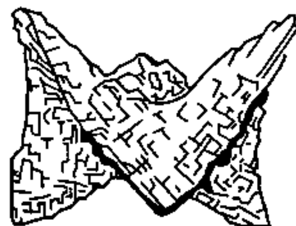
Công dụng: Dùng làm gạch chịu lửa tới 3000°C, sử dụng trong lò martin, lò xi măng, ... Manhezit còn được dùng để chế vật liệu cách điện, làm giấy, đường, cao su ...

Đolomit - $CaMg[CO_3]_2$

Gọi theo tên nhà bác học người Pháp "Dolome"

Thành phần hóa học: CaO: 30,4%; MgO = 21,7%; CO_2 = 47, 9%. Hỗn hợp đồng hình với Fe^{2+}, đôi khi Mn^{2+}, Zn^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+}.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng khối mặt thoi ba phương L_3PC. Nhóm không gian $C - R3$; a_o = 4,822; c_o = 16,11. *Hình dạng tinh thể*: Thường có dạng mặt thoi, khác canxit là có những mặt cong dạng yên ngựa (H.13.68). Có song tinh đa hợp theo (0221).



Hình 13.68 *Tinh thể dolomit có mặt cong dạng yên ngựa*

Thường gặp tập hợp dạng hạt kết tinh.

Tính chất vật lý: Màu trắng xám đôi khi vàng nâu nhạt. Ánh thủy tinh, Nm = 1,681 - 1,695; Np = 1,500 - 1,513. Độ cứng 3,5 - 4. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo mặt thoi {1011}. Mặt cát khai thường cong. Tỷ trọng 2,8 - 2,9.

Nguồn gốc khoáng sàng: Là khoáng vật tạo đá phổ biến.

Trong các khoáng sàng nhiệt dịch, do tác dụng của dung dịch nhiệt dịch, đá vôi bị đolomít hóa tạo thành những khối đolomit khá lớn, cộng sinh với manhezít, canxit, sunfua, thạch anh.

Khối chính của đolomít liên quan với các đá cacbonát trầm tích cổ (trước Cambri và Paleozoi), trong đó dolomít thành từng khối xen với đá vôi.

Đặc điểm nhận biết: Cát khai theo khối mặt thoi. Muốn phân biệt với các cacbonat khác (ankerit, siđerít) phải phân tích hóa học và quang học. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Axit HCl nguội tác dụng rất chậm.

Nước ta có mỏ đolomit ở Cam Đường (Lào Cai), một số vùng đá vôi có biểu hiện đolomit hoá như ở Đồng Mỏ (Lạng Sơn), Ba Hòn (Kiên Giang).

Trên thế giới thường gặp đolomit trong các địa tầng cacbonat tuổi trước Cambri và Pecmi ở Uran, Đônbat (Nga), hồ Bancat (Kazacstan).

Công dụng: Đolomít có nhiều công dụng: làm nguyên liệu xây dựng, chế tạo chất dính, cùng với atbet làm chất cách nhiệt. Làm nguyên liệu chịu lửa và chất trợ dung trong luyện kim. Đolomit còn được dùng nhiều trong công nghiệp hóa chất.

Siđerit - $FeCO_3$

Tên gọi từ chữ Hy Lạp "sideros" là sắt vì trong thành phần chứa nhiều sắt.

Thành phần hóa học: FeO: 62,1%; CO_2: 37,9%. Thường có chứa hỗn hợp Mg, Mn.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng tam giác lệch ba phương kép: $L_3 3L_2 3PC$. Nhóm không gian $D_{3d}^6 - R\bar{3}c$; $a_o = 4{,}71\,Å$; $c_o = 15{,}43\,Å$. *Hình dạng tinh thể*: Thường gặp các tinh thể dạng mặt thoi, các mặt thoi {1011} thường uốn cong dạng yên ngựa. Dạng tập hợp hạt kết tinh, kết hạch hình cầu, trứng cá và dạng khối đất.

Tính chất vật lý: Siđerit tươi có màu trắng phớt vàng, xám, nâu; khi bị phong hóa có màu nâu nhạt. Ánh thủy tinh, Nm = 1,875; Np = 1,633. Độ cứng 3,5 - 4,5. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo $\{10\bar{1}1\}$. Tỷ trọng 3,9.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường siđeritcó nguồn gốc nhiệt dịch, nó là thành phần của mạch quặng. Trong các trầm tích sét và đá vôi, siđerit thành tạo trong điều kiện ngoại sinh.

Đặc điểm nhận biết: Cát khai hoàn toàn theo khối mặt thoi. Giống ankerit; phải phân biệt bằng phân tích hóa học và quang học.

HCl nguội tác dụng yếu nhưng nung nóng thì tác dụng mạnh. Nhỏ HCl lên siđerit sẽ có màu vàng lục (có $FeCl_3$). Nhỏ dung dịch fero xianua kali $K_3Fe(CN_6)$ 1% vào, thêm vài giọt HCl sẽ có màu xanh sẫm.

Ở nước ta siđerít có nhiều ở Thái Nguyên, Lạng Sơn, An Châu, Chùa Né (Vinh). Trên thế giới có ở Kectren (Nga), ở Anh.

Công dụng: Khi tạo thành những khối lớn chứa ít P, S thì có thể khai thác làm quặng sắt.

Smitxonit - $ZnCO_3$

Gọi theo tên của nhà khoáng vật học Anh "Smitson".

Thành phần hóa học: ZnO: 64,8%; CO_2: 35,2%. Thường có chứa hỗn hợp Fe, Mn, Mg đôi khi có Co, Cd, In.

Tinh hệ: Ba phương. Dạng đối xứng, nhóm không gian giống như canxít; a_o = 4,65 Å; c_o = 14,95 Å. *Hình dạng tinh thể*: Khối mặt thoi. Ít gặp tinh thể đẹp. Các mặt thường uốn cong xù xì.

Các dạng tập hợp thường gặp là tuyền hoa, dạng vỏ, tổ ong.

Tính chất vật lý: Màu trắng phớt lục. Ánh thủy tinh, Nm = 1,849, Np = 1,621. Độ cứng 5. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo khối mặt thoi. Tỷ trọng 4,1 - 4,5.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Smitxonit được tạo thành trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua kẽm, nằm trong đá vôi, do sfalerit biến đổi thành theo phản ứng sau:



$$ZnS + 2O_2 = ZnSO_4$$



$$ZnSO_4 + CaCO_2 + 2H_2O = ZnCO_3 + CaSO_4.2H_2O$$

Đặc điểm nhận biết: Khi phân biệt với các khoáng vật cacbonat khác, phải dùng phân tích hóa học. Hòa tan dễ trong axit , sủi bọt có tiếng réo xèo xèo.

Ở Việt Nam simitxonit có trong các khoáng sàng chì kẽm ở Lang Hít (Thái Nguyên), Tràng Đà (Tuyên Quang), Chợ Đồn (Bắc Cạn), Đồng Mỏ (Lạng Sơn), Quan Sơn - Bao Tre (Thanh Hoá), Phú Loi (Nghệ An), Mỹ Đức (Quảng Bình).

Trên thế giới có ở Nam Cazacstan, Đông Zabaican (Nga) và Colorađo (Mỹ).

Công dụng: Nếu thành những khối lớn là quặng kẽm rất qúi vì hàm lượng kẽm gấp hai đến ba lần trong quặng sunfua nguyên thủy.

Rođocrozit - $MnCO_3$

Từ chữ Hy Lạp "rođon" là màu hồng.

Thành phần hóa học: MnO: 61,7%; CO_2: 38,3%, có chứa hỗn hợp Fe, Mg, Ca, đôi khi có Zn, Co, a_o = 4,73 Å; c_o = 15,51 Å. *Hình dạng tinh thể*: Khối mặt thoi. Thường có dạng yên ngựa và dạng quả đậu. Các tập hợp thường gặp là dạng hạt, kết hạch, dạng trụ, dạng thận, dạng hình cầu có cấu tạo phóng tỏa; có cả tập hợp dạng que, dạng đất.

Tính chất vật lý: Màu hồng hay đỏ sẫm, trong không khí để lâu bị oxi hoá biến thành màu nâu. Vết vạch trắng. Ánh thủy tinh. Nm = 1,817; Np = 1,597. Độ cứng 3,5 - 4,5. Dòn. Cát khai theo khối mặt thoi {1011}.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Rođocrozit thành tạo chủ yếu trong các khoáng sàng trầm tích biển thường chứa các hỗn hợp đồng hình của Ca, Fe, Mg. Cộng sinh với sunfua sắt, opan,...

Rođocrozit có nguồn gốc nhiệt dịch nhưng ít gặp.

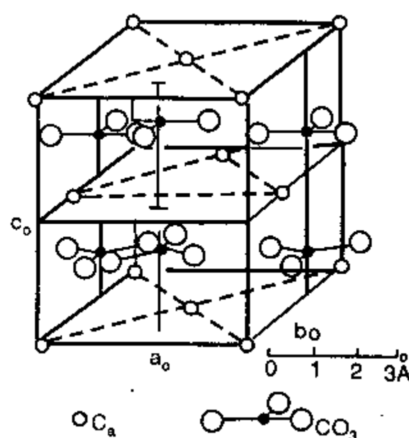
Đặc điểm nhận biết: Dễ nhận biết do mầu hồng, tính cát khai và độ cứng dưới 5 (bị mũi dao rạch).

Ở nước ta, trong vùng Phát Diệm có rođocrozit lẫn trong psilomelan, cộng sinh với manganit, canxit và hematit, inmenit, chưa thành mỏ công nghiệp.

Công dụng: Loại nghèo fotfo là nguyên liệu quí để chế feromangan.

2- Nhóm aragonit

Các khoáng vật nhóm này kết tinh trong tinh hệ thoi. Kiến trúc tinh thể của nó khác với kiến trúc của nhóm canxit (xem H.13.64) là vì các cation có kích thước lớn hơn các cation trong nhóm canxit. Ca^{2+} có kích thước trung gian giữa các cation của hai nhóm này nên cacbonat canxi có cả hai kiểu kiến trúc trên.



Hình 13.69 *Kiến trúc tinh thể aragonit*

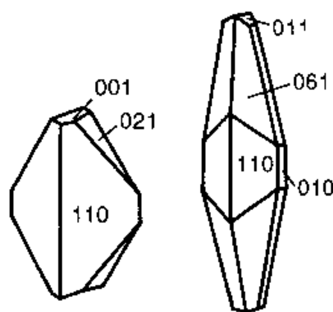
Về tính chất vật lý: Màu trắng đến nhạt màu. Ánh thủy tinh. Vết vỡ ánh mỡ. Cát khai không hoàn toàn. Độ cứng 3,5 - 4. Tỷ trọng từ 3 - 6,5.

Tên xuất xứ từ địa danh "Aragonia" ở Tây Ban Nha, nơi đầu tiên tìm thấy khoáng vật này.

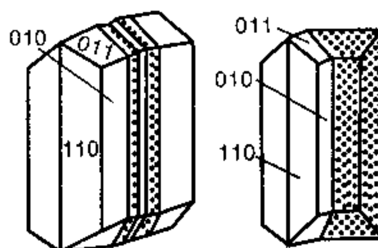
Thành phần hoá học: CaO: 56%; CO_2: 44%. Thường lẫn Sr (tới 5,6%), Pb, Mg, Fe và Zn.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng: $3L^23PC$. Nhóm không gian D_{2h}^{16} – $Pmcn$; a_o = 4,94 Å; b_o = 7,94 Å; c_o = 5,72 Å. Kiến trúc tinh thể: xem hình 13.69.

Hình dạng tinh thể: Lăng trụ, hình kim, đầu tinh thể nhọn hình mũi mác, thường gặp các đơn hình lăng trụ {011}, {110} và {010}, tháp đôi {111} (H.13.70). Trên mặt thường có các rãnh, do chúng thường có song tinh đa hợp (H.13.71).



Hình 13.70 *Tinh thể aragonit*



Hình 13.71 *Song tinh aragonit*

Dạng tập hợp thường gặp là: hình bó, phóng tỏa, cũng có dạng cầu, dạng thận (H.13.72).



Hình 13.72 *Tập hợp hình cầu phóng tỏa của aragonit*

Tính chất vật lý: Màu trắng phớt vàng, phớt tím. Ánh thủy tinh, vết vỡ có ánh mỡ, Ng = 1,686, Nm = 1,681; Np = 1,530. Độ cứng 3,5 - 4. Dòn. Cát khai rõ theo {010}. Tỷ trọng 2,9 - 3 (lớn hơn tỷ trọng canxit).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong tự nhiên hiếm hơn canxit nhiều.

Khối chính thành tạo trong điều kiện ngọai sinh, tạo thành những dạng phóng xạ thạch nhũ trong vỏ phong hoá của đá phun trào, đá siêu bazơ có magie, cộng sinh với đolomit, thạch cao, các vật chất sét, v.v...

Là khoáng vật nhiệt dịch nhiệt độ thấp, thành tạo ở cuối các quá trình nhiệt dịch.

Đặc điểm nhận biết: Nhờ màu và tác dụng với HCl giống canxit. Nhưng không có dạng mặt thoi, độ cứng cao hơn canxit.

Ở Việt Nam gặp aragonit trong các hốc đá bazan thành tập hợp hình kim phóng tỏa hoặc các hạnh nhân lấp đầy lỗ hổng bazan ở Đồng Nai, Lâm Đồng, Đak Lak, Gia Lai.

Xeruxit - $PbCO_3$

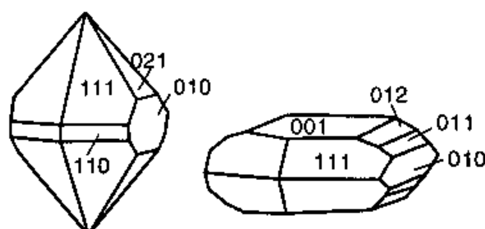
Từ tiếng Hy Lạp "xerusa" là trắng gọi theo màu của khoáng vật.

Thành phần hóa học: PbO: 83,5%; CO_2 = 16,5%. Đôi khi có chứa Ag và Zn, thỉnh thoảng có Sr.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng, nhóm không gian như aragonit. $a_o = 5{,}173\,\text{Å}$; $b_o = 8{,}480\,\text{Å}$; $c_o = 6{,}130\,\text{Å}$. Kiến trúc tinh thể giống aragonit.

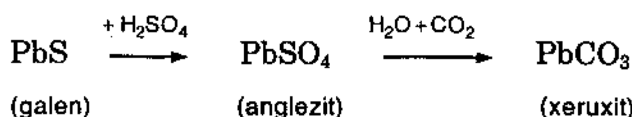
Hình dạng tinh thể: Có nhiều dạng, tháp đôi, lăng trụ, dạng tấm (H.13.73). Thường gặp dạng tập hợp hạt đặc xít, dạng nhũ, khối đất, có loại dạng sợi tóc.

Tính chất vật lý: màu trắng xám, phớt vàng, nếu lẫn sắt có màu nâu. Ánh kim cương hoặc có khi ánh thủy tinh mạnh. Ng = 2,078; Nm = 2,076; Np = 1,804. Độ cứng 3 - 3,5. Dòn. Cát khai theo {110} rõ. Tỷ trọng 6,4 - 6,5.



Hình 13.73 *Các tinh thể xeruxit*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thành tạo trong miền oxi hóa của các khoáng sàng chì, kẽm.



$$PbS \xrightarrow{+H_2SO_4} PbSO_4 \xrightarrow{H_2O + CO_2} PbCO_3$$

(galen) (anglezit) (xeruxit)

Xeruxit có tính hòa tan thấp và vững bền trong không khí nên nó bảo vệ galen khỏi bị phá hủy.

Cũng có trường hợp được thành tạo trong các khoáng sàng nhiệt dịch nhiệt độ thấp.

Đặc điểm nhận biết: Tỷ trọng cao và ánh kim cương. Hòa tan trong HNO_3 đậm đặc, hòa tan trong KOH.

Nước ta có xeruxit ở Ngân Sơn, Chợ Điền (Bắc Cạn), Làng Hít (Thái Nguyên) Đồng Mỏ (Lạng Sơn).

Công dụng: Là quặng chì quan trọng.

3- Nhóm malachit

Nhóm này có các cacbonat đồng với anion phụ $[OH]^{1-}$. Chúng ta chỉ mô tả hai khoáng vật malachit và azurit.

Malachit - $Cu_2[CO_3][OH]_2$

Từ chữ Hy Lạp "malache" là cây vì malachit có màu xanh lá cây.

Thành phần hóa học: CuO: 71,9%; CO_2: 12,9%; H_2O: 8,2%. Chứa rất ít CaO, Fe_2O_3, SiO_2...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_3PC. Nhóm không gian C_{2h}^5 - $P2_1/a$; a_o = 9,49 Å; b_o = 12,00 Å; c_o = 3,24 Å; β = 98°42'.

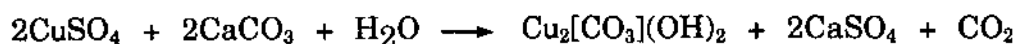
Hình dạng tinh thể: Có dạng trụ, dạng kim nhưng rất hiếm. Thường gặp dạng thận có cấu tạo đồng tâm hoặc cấu tạo phóng tỏa. Có loại dạng đất.

Tính chất vật lý: Màu lục. Vết vạch lục nhạt. Ánh thủy tinh tới kim cương, Ng = 1,909; Nm = 1,875; Np = 1,655. Độ cứng 3,5 - 4. Dòn. Cát khai theo {201} hoàn toàn theo {010} trung bình. Tỷ trọng 3,9 - 4.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thành tạo ở miền trên của khoáng sàng sunfua đồng, do sự oxi hóa các quặng đồng nguyên sinh. Là khoáng vật phổ biến nhất của đồng trong đới oxi hóa. Phản ứng thành tạo maclachit như sau:



$$CuFeS_2 + 4O_2 \longrightarrow CuSO_4 + FeSO_4$$



$$2CuSO_4 + 2CaCO_3 + H_2O \longrightarrow Cu_2[CO_3](OH)_2 + 2CaSO_4 + CO_2$$

Thường tạo thành giả hình theo đồng tự nhiên, cuprit, azurit.

Đặc điểm nhận biết: Màu lục, tác dụng với HCl cho CO_2 bốc lên, nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi cho ta vỏ đồng. Hòa tan trong HCl, có tiếng xèo xèo, thêm NH_4OH vào dung dịch sẽ có màu xanh.

Trong những khoáng sàng đồng ở Tạ Khoa (Sơn La) và Tùng Sáng (Lào Cai) có malachit ở đới oxi hóa. Ở Klang Bak (Ninh Thuận) gặp malachit và azurit thành màng bám trên vách núi cao chảy xuống như một dòng thác xanh.

Khoáng sàng nổi tiếng trên thế giới ở Uran (Nga).

Công dụng: Dùng làm quặng của đồng.

Dùng chế màu sơn, màu vẽ Thứ malachit đặc xít có vân rất đẹp dùng làm đồ mỹ nghệ, trang sức.

Azurit - $Cu_3[CO_3]_2[OH]_2$

Từ tiếng Pháp "azur" là xanh da trời vì khoáng vật mang màu xanh da trời, xanh chàm.

Thành phần hóa học: Cu: 69,2%; CO_2: 25,6%; H_2O: 5,2%.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^{16} - $P2_1/c$; a_o = 4,96 Å; b_o = 5,83 Å; i = 10,27 Å.

Hình dạng tinh thể: Cột ngắn.lăng trụ ngắn, tấm dày.

Thường gặp dạng tinh đám, tập hợp dạng đặc xít, dạng phóng tỏa, dạng đất.

Tính chất vật lý: Mầu xanh sẫm; dạng đất, xanh da trời. Vết vạch xanh. Ánh thủy tinh Ng = 1,838; Nm = 1,758; Np = 1,730. Độ cứng 3,5 - 4. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo {001}và không hoàn toàn theo {100}. Tỷ trọng 3,7 - 3,9.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường gặp cùng malachit nhưng đọng sau malachit. Không vững bền bằng malachit. Bị malachit thay thế.

Đặc điểm nhận biết: Nhờ màu, cộng sinh với malachit và các quặng oxit khác của đồng.

Dễ nóng chảy trong ngọn lửa khử cho vỏ đồng. Hòa tan trong axít có tiếng xèo xèo; hòa tan trong NH_4OH cho dung dịch màu xanh.

Công dụng: Là quặng động, dùng làm màu sơn vẽ.

13.3 LỚP III: SUNFAT

Lớp sunfat gồm những muối của axit sunfuric H_2SO_4, gồm khoảng chừng 260 khoáng vật, nhưng chỉ chiếm 0,1% trọng lượng của vỏ Trái Đất. Tuy số lượng khoáng vật của lớp này lớn hơn của lớp silicat nhưng trong tự nhiên số lượng của các sunfat vững bền và phổ biến không nhiều lắm. Các cation chủ yếu là K^{1+}, Na^{1+}, Cu^{2+}, Mg^{2-}, Al^{3+}, Fe^{3+} và Ca^{2+}. Ngoài anion phức tạp $[SO_4]^{2-}$ còn có các anion phụ $[PO_4]^{2-}$, $[AsO_4]^{2-}$. $[CO_3]^{2-}$, v.v...

Các khoáng vật sunfat kết tinh trong những tinh hệ hạng thấp phần lớn là một xiên (50 khoáng vật) và hệ thoi (30 khoáng vật).

Thường chúng có dạng tinh thể rõ ràng, chủ yếu là dạng đẳng thước. Hầu hết sunfat không màu, nhưng sunfat có màu vàng lục là do có chứa Fe^{2+}, Fe^{3+} và Cu^{2+}. Độ cứng của chúng dưới 5 (khoáng vật có độ cứng cao nhất là natrocanxit $NaCa_2[SO_4](OH).H_2O$ có độ cứng 4 - 4,5). Độ cứng trung bình là 2,5 - 3,5. Các sunfat giàu nước độ cứng giảm xuống tới 2 (thạch cao $CaSO_4.\ 2H_2O$). Tỷ trọng từ 1,49 - 6,92. Chiết suất từ 1,40 - 2.

Các tính chất vật lý của chúng phụ thuộc một cách rõ rệt vào thành phần hóa học. Tỷ trọng, chiết suất và độ cứng của chúng tăng từ sunfat Al, Mg, K và Na đến những sunfat Fe và Cu.

Trong tự nhiên các sunfat được thành tạo chủ yếu trong điều kiện ngoại sinh: trong các trầm tích biển, hồ và cả trong các đới phong hóa, trong điều kiện nồng độ oxi cao. Có một số ít sunfat có nguồn gốc nhiệt dịch, đó là những sunfat không nước của Ba , Ca, Sr và Pb.

Tùy theo thành phần hóa học và kiến trúc tinh thể, người ta chia lớp này thành những nhóm trong đó chúng ta chỉ nghiên cứu ba nhóm; barit, anhiđrit và thạch cao.

1- Nhóm barit

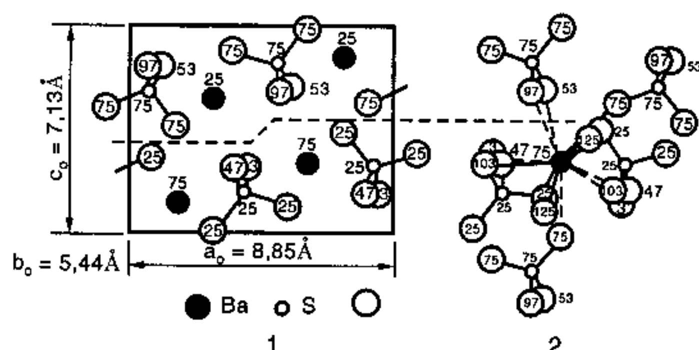
Nhóm này gồm có các sunfat Ba, Sr, Pb, tương đối phổ biến trong tự nhiên, trong đó chúng ta chỉ nghiên cứu hai khoáng vật là barit $BaSO_4$ và anglezit $PbSO_4$.

Barit - $BaSO_4$

Từ tiếng Hy Lạp "baros" là nặng vì khoáng vật này có tỷ trọng khá cao.

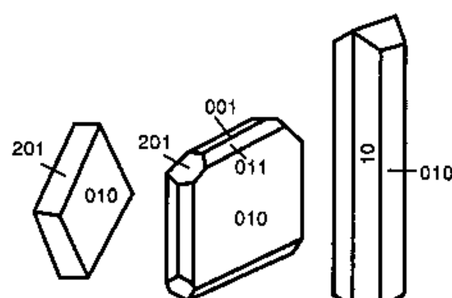
Thành phần hóa học: BaO: 65,7%; SO_3: 34,3%. Có chứa hỗn hợp Sr, Ca, Pb và Ra.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian D_{2h}^{16} – *Pnma*; a_o = 8,85 Å; b_o = 5,43 Å; c_o = 7,13 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Trên hình 13.74 vẽ hình chiếu của ô mạng cơ sở trên mặt (010). Các ion Ba^{2+} và S^{6+} nằm ở những vị trí 1/4 và 3/4 theo trục b (trên hình vẽ có ghi số 25 là nằm ở vị trí 1/4, số 75 là vị trí 3/4). Các nhóm $[SO_4]^{2-}$ không phải là những tứ diện rất đều đặn, chúng nằm theo những hướng khác nhau. Mỗi ion Ba^{2+} có 12 ion oxi bao bọc thuộc bảy nhóm $[SO_4]^{2-}$ khác nhau.



1- Ô mạng cơ sở; 2- Vị trí của Ba nằm giữa 12 ion oxi

Hình 13.74 *Hình chiếu kiến trúc tinh thể của barit trên mặt (010)*



Hình 13.75
Các tinh thể barit

Hình dạng tinh thể: Thường gặp các tinh thể dạng tấm với {001} phát triển. Dạng lăng trụ với các mặt (011) hoặc (010) kết hợp với (001) thì hiếm gặp hơn (H.13.75). Ít thấy có song tinh, nếu có thường là song tinh đa hợp tạo thành những khía trên mặt.

Thường gặp tập hợp dạng hạt, cũng có các dạng đặc xít, ẩn tinh, dạng đất nhưng hiếm hơn. Trong các hốc ta cũng gặp dạng tinh đám.

Tính chất vật lý: Trong suốt không màu. Thường gặp màu trắng hoặc trắng xám (vì có những bao thể khí và nước nhỏ), màu đỏ (chứa oxit sắt), vàng, nâu (có thể do hiđroxit sắt), màu đen (do các chất bitum), đôi khi có màu xanh lục.

Ánh thủy tinh, Ng = 1,648; Nm = 1,637; Np = 1,636. Độ cứng 3 - 3,5. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo {001}, trung bình theo {210} và không hoàn toàn theo {010}. Tỷ trọng 4,3 - 4,5.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Barit được thành tạo trong nhiều quá trình địa chất khác nhau với điều kiện nồng độ oxi tương đối cao và nhiệt độ tương đối thấp.

Barit thường có trong các khoáng sàng nhiệt dịch, nó đi kèm theo những khoáng vật sunfua kim loại khác (galen, sfalerit, thần sa, pirit, chancopirit, fluorin, canxit, vàng, bạc, đồng tự sinh).

Barit có thể tạo thành những kết hạch trong các đá trầm tích nhưng không nhiều lắm.

Barit là khoáng vật vững bền vì vậy có nhiều trong sa khoáng và có thể tạo thành những khoáng sàng lớn.

Đặc điểm nhận biết: Tỷ trọng cao (chỉ kém anglezit). Cát khai hoàn toàn theo một phương. Không hòa tan trong axit HCl, dù đun nóng cũng không tác dụng. Ở trạng thái bột, hòa tan từ từ trong H_2SO_4 đậm đặc.

Ở Việt Nam đến nay đã phát hiện được nhiều điểm mỏ barit có giá trị công nghiệp. Các mỏ barit được thăm dò là mỏ Làng Cao (Bắc Giang), Ao Sen - Tân Trào (Tuyên Quang). Các mỏ khác được tìm kiếm đánh giá là Nậm Xe, Đông Pao (Lai Châu), Lục Ba (Thái Nguyên), Sơn Thành (Nghệ An), Bao Tre (Thanh Hoá), Tân Yên (Bắc Giang) và Thượng Ẩm (Tuyên Quang).

Nhìn chung, barit ở nước ta có nguồn gốc nhiệt dịch cộng sinh với thạch anh, galen, thần sa, chancopirit, fluorin. Tùy theo từng mỏ có thể khai thác các khoáng sản đi kèm với barit thì sẽ có hiệu quả kinh tế cao.

Trên thế giới barit có nhiều ở Grudia, Uran (Nga) những khoáng sàng lớn có tiếng trên thế giới là Meggen ở Đức.

Công dụng: sản xuất muối sunfua, clorua và cacbonat barili dùng trong công nghiệp thuộc da, giấy ảnh, làm đường, sứ - thủy tinh, cao su, làm giấy, ...

Chế tạo các loại sơn màu trắng, đỏ và các màu khác.

Đắp vào tường phòng X quang để bảo hộ lao động, ngăn tia X xuyên qua.

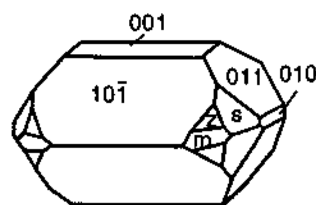
Dùng barili kim loại chế một vài loại đèn rađiô; trong công nghệ khoan dầu khí dùng bột barit để củng cố thành của lỗ khoan khi gặp các vỉa dầu khí có áp suất cao.

Anglezit - $PbSO_4$

Từ tên đảo Anglezi (nước Anh), nơi đầu tiên tìm thấy khoáng vật này.

Thành phần hóa học: PbO: 73,6% (Pb: 68,3%).SO_4: 26,4%. Thường có chứa hỗn hợp BaO (tới 8,45%).

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi; *$3P_23PC$*. Nhóm không gian C_{2h}^{10} – *Pnma*; a_o = 8,45 Å; b_o = 5,38 Å; c_o = 6,93 Å. *Kiến trúc tinh thể*: Giống của barit. *Hình dạng tinh thể*: Thường có dạng tấm dày, đôi khi có dạng trụ và dạng tháp (H.13.76). Thường gặp các dạng tập hợp: hạt, tinh đám, dạng vỏ, đặc xít.



***Hình 13.76** Các tinh thể anglezit: s{232}; m{210}; z{211}*

Tính chất vật lý: Không màu trong suốt. Hay gặp màu xám, phớt vàng, nâu có khi màu đen. Ánh thủy tinh mạnh (chiết suất 1,877 - 1,894). Cát khai trung bình theo {210}.

Nguồn gốc khoáng sàng: Chủ yếu thành tạo trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua chì. Thường cộng sinh với xeruxit ($PbCO_3$) (xem điều kiện sinh thành của xeruxit).

Anglezit cũng có thể thành tạo trong điều kiện nhiệt dịch thành những tinh thể lớn trong các khoáng sàng sunfua chì, kẽm.

Đặc điểm nhận biết: Tỷ trọng cao, ánh mạnh, thường cộng sinh với galen. Hòa tan hoàn toàn trong KOH (khác barit). Chỉ có tác dụng với H_2SO_4 đậm đặc đun nóng.

Nước ta anglezit có tại Lang Hít (Thái Nguyên), Biển Động (Bắc Giang).

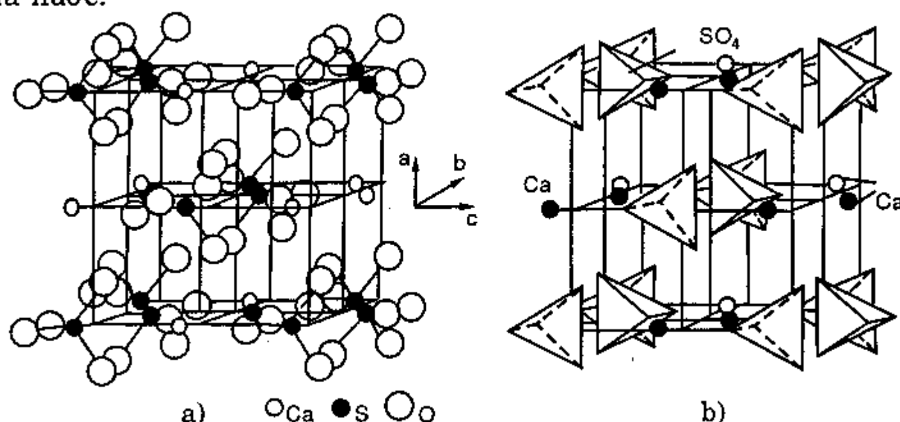
Công dụng: Là quặng chì, được khai thác cùng các quặng chì khác.

2- Nhóm anhiđrit

Trong nhóm này chúng ta chỉ nghiên cứu một khoáng vật là anhiđrit $CaSO_4$. Tuy nó có cùng kiểu công thức với barit $BaSO_4$ nhưng do ion Ca^{2+} có kích thước khác hẳn Ba^{2+} nên kiến trúc mạng tinh thể của chúng khác hẳn nhau.

Anhiđrit - $CaSO_4$

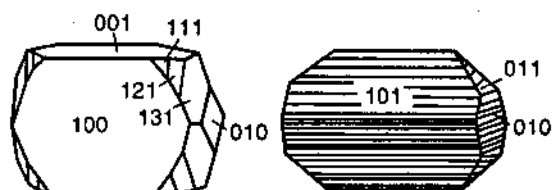
Từ tiếng Hy Lạp "an" là không, "hydrós" là nước. Khác với thạch cao là nó không chứa nước.



Hình 13.77 *Kiến trúc tinh thể của anhidrit biểu diễn theo phối trí ion (a) và phối trí đa diện (b)*

Thành phần hóa học: Ca: 41,2%; SO_2: 58,8%; có chứa thêm Sr.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng hệ thoi $3L_23PC$. Nhóm không gian E_{2h}^{14} - $Cmcn$; $a_o = 6{,}94\,\text{Å}$; $b_o = 6{,}97\,\text{Å}$; $c_o = 6{,}20\,\text{Å}$.



Hình 13.78 *Các tinh thể anhidrit*

Kiến trúc tinh thể: Hình 13.77 biểu diễn một ô mạng cơ sở của anhiđrit. Ở đây

mỗi anion phức tạp $[SO_4]^{2-}$ chỉ biểu diễn bằng một vòng trắng và vị trí của S (là trung tâm của nhóm). Các ion Ca^{2+} nằm giữa 8 ion oxi. Sự bố trí ion trên mặt (010) (bên trái hình vẽ) và trên mặt (100) khác nhau. Cho nên tuy kích thước của ô mạng có a_o và b_o gần bằng nhau, nhưng ta không thể gọi là giả bốn phương được.

Hình dạng tinh thể: Tấm dày hoặc lăng trụ (H.13.78).

Rất hiếm gặp tinh thể đẹp. Thường gặp dạng tinh thể đặc xít hoặc dạng que.

Tính chất vật lý: Màu trắng, xám xanh, hoặc phớt đỏ. Ánh thủy tinh, Ng = 1,614; Nm = 1,576; Np = 1,571. Độ cứng 3,0 - 3,5. Cát khai hoàn toàn theo {010}, trung bình theo {100} và {001}. Tỷ trọng 2,8 - 3,0.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Anhiđrit có nguồn gốc trầm tích hóa học, tạo thành những khối trầm tích khổng lồ. Thường đi cùng với thạch cao. Trong điều kiện ở nông nó dễ tạo thành thạch cao (thực hiện ở độ sâu 100 - 150m).

Đôi khi gặp anhiđrit trong các mạch nhiệt dịch.

Đặc điểm nhận biết: Khác các sunfua khác tỷ trọng thấp và phương cát khai. Phân biệt với cacbonat bằng tác dụng với HCl. Khác thạch cao là có độ cứng cao hơn.

Hòa tan rất yếu trong HCl, ở trạng thái bột hòa tan trong H_2SO_4.

Công dụng: Giống thạch cao dùng để sản xuất xi măng. Thứ anhiđrit hạt nhỏ có thể làm các đồ mỹ nghệ.

3- Nhóm thạch cao

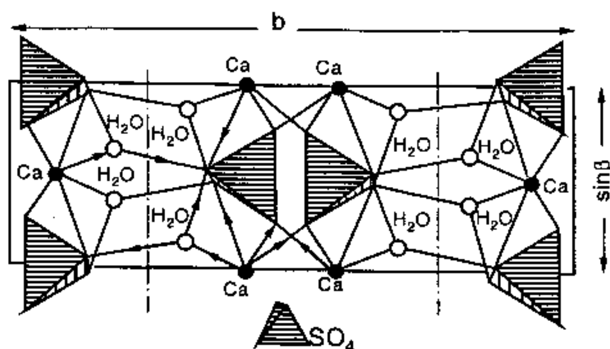
Trong nhóm này chúng ta chỉ nghiên cứu khoáng vật thạch cao $CaSO_4$, $2H_2O$.

Thạch cao - $CaSO_4$. $2H_2O$

Thành phần hóa học: CaO: 32,5%; SO_4 = 46,6%; H_2O = 20,9%.

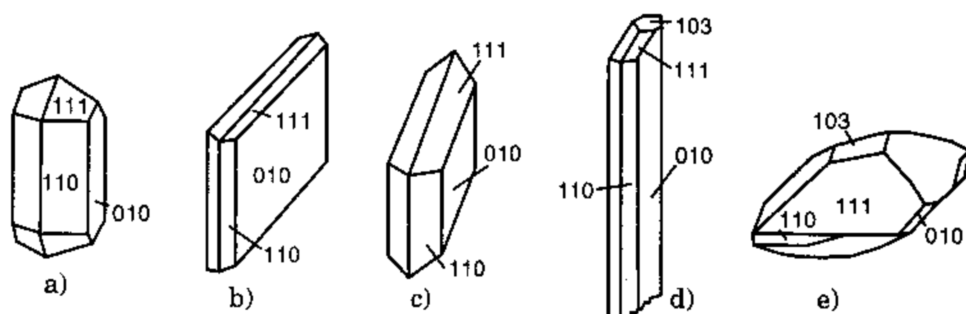
Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ trực thoi: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^6 - C2/c$; a_o = 10,47 Å; b_o = 15,12 Å; c_o = 6,28 Å; β = 98°58'.

Kiến trúc tinh thể: Thạch cao kiến trúc lớp khá rõ ràng (H.13.79). Trên hình vẽ biểu diễn hình chiếu kiến trúc tinh thể thạch cao lên mặt thẳng góc với trục c, ta thấy nó có từng lớp kẹp, mỗi lớp kẹp có hai lớp nhóm $[SO_4]^{2-}$ liên kết chặt chẽ với các cation Ca^{2+} các lớp này song song với mặt (010). Cụ thể trên hình vẽ này các lớp đó nằm giữa hai đường cát khai (biểu diễn bằng những đường chấm) nằm thẳng



Hình 13.79 Kiến trúc tinh thể của thạch cao chiếu lên mặt thẳng góc với trục c

mặt giấy vẽ. Các phân tử nước chiếm vị trí giữa các lớp kẹp đó, điều này giải thích một cách rõ ràng tính cát khai của thạch cao. Mỗi cation Ca^{2+} có sáu oxi bao quanh (bốn oxi của tứ diện $[SO_4]^{2-}$ và hai oxi của nước). Mỗi phân tử H_2O liên kết với một ion Ca^{2+} cùng lớp với hai ion khác (trong đó có một oxi cùng lớp và một oxi ở lớp bên cạnh). *Hình dạng tinh thể*: các đơn hình {010} phát triển rất mạnh vì vậy tinh thể thạch cao có dạng tấm, hình kim (H.13.80), hiếm khi có dạng cột hay lăng trụ và đẳng thước.



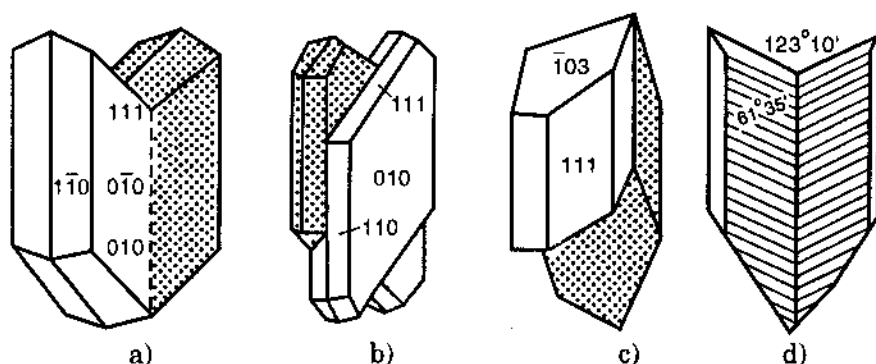
***Hình 13.80** Các tinh thể thạch cao*

a) Dạng cột; b) Dạng lớp; c) Dạng tấm; d) Dạng hình kim; e) Dạng đẳng thước

Các song tinh thường hay gặp và có dạng "đuôi chim én" với hai kiểu ghép khác nhau (H.13.81):

Song tinh theo (100): song tinh Ganki. Song tinh theo (101): song tinh Pari.

Thạch cao có những tập hợp dạng tấm, dạng sơi, dạng tinh thể nhỏ dày đặc. Trong các hổng có tinh đám.



***Hình 13.81** Các kiểu song tinh thạch cao.*

a, b) Song tinh Ganki; c, d) Song tinh Pari

Tính chất vật lý: Màu trắng. Từng tinh thể riêng lẻ thì trong suốt. Có khi có màu xám, vàng, đỏ, đen.

Ánh thủy tinh Ng = 1,530; Nm = 1,528; Np = 1520. Độ cứng 2. Rất dòn. Cát khai hoàn toàn theo {010} và khá rõ rệt {100}, {011}. Tỷ trọng 2,3.

Thạch cao hòa tan khá nhiều trong nước, nhiều nhất ở nhiệt độ 37°C - 38°C, hòa tan ít nhất ở nhiệt độ 107°C vì lúc đó thành tạo hiđrat $CaSO_4.1/2\ H_2O$.

Khi nung nóng lên đến 70°C - 80°C thạch cao bắt đầu thoát nước, tới 120°C - 140°C thì thạch cao biến thành $CaSO_4.1/2\ H_2O$ gọi là *thạch cao bột*. Bột thạch cao trộn với nước lại nhanh chóng cứng trở lại.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Trong tự nhiên thạch cao được thành tạo trong các điều kiện địa chất khác nhau.

Những khối lớn có nguồn gốc trầm tích hồ và vũng biển. Cùng với NaCl, thạch cao lắng đọng trong giai đoạn đầu.

Các lớp trầm tích anhiđrit trong điều kiện áp suất hạ xuống, tương đương với độ sâu trung bình (100 - 150m) dưới tác dụng của nước trên mặt sẽ bị hiđrat hóa thành thạch cao.



$$CaSO_4 + 2H_2O = CaSO_4.2H_2O$$

Sự biến đổi này tăng thể tích 30% làm biến động các lớp thạch cao.

Trong đới oxi hóa của các khoáng sàng sunfua, thạch cao được thành tạo do axit sunfuaric tác dụng với cacbonat canxi. Trong vỏ phong hóa của các miền khí hậu sa mạc và nửa sa mạc ta cũng gặp những mạch nhỏ hoặc bướu nhỏ thạch cao có nguồn gốc như vậy.

Thạch cao cũng được thành tạo trong các mạch nhiệt dịch, nhưng hiếm gặp.

Đặc điểm nhận biết: Cát khai hòan toàn, Độ cứng thấp. Trong ngọn lửa ống thổi nóng chảy thành men trắng. Hòa tan rất ít trong HCl.

Thạch cao thứ sinh gặp ở mỏ kẽm Tràng Đà (Tuyên Quang) và Lang Hít (Thái Nguyên). Khoáng sàng lớn của thạch cao trên thế giới có ở Uran, Đônbát (Nga). Thạch cao còn gặp ở Đồng Hến (Lào).

Công dụng: Dùng để làm khuôn đúc tượng, băng bó gẫy xương. Dùng trong công nghiệp giấy, xi măng, gạch. Làm màu trắng, làm men, làm nguyên liệu phụ để chế biến quặng niken.

13.4 LỚP IV: CROMAT

Các khoáng vật của lớp này đều là muối của axit cromic H_2CrO_4. Trong tự nhiên khoáng vật cromat rất ít. Phần lớn crom tham gia trong thành phần của nhóm spinen và silicat chứa crom. Còn crom tạo thành cromat vô cùng ít. Cation chủ yếu có Pb. Cromat K và Ca ít gặp vì chúng dễ hòa tan trong nước.

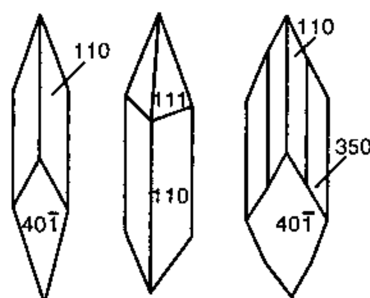
1- Nhóm crocoit

Crocoit - $PbCrO_4$

Thành phần hóa học: PbO: 68,9%; CrO_3: 31,1%. Đôi khi có chứa Ag, Zn.

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian $C_{2h}^5 - P2_1/n$. $a_o = 7{,}10\,Å$; $b_o = 7{,}40\,Å$; $c_o = 6{,}80\,Å$; $\beta = 102°27'$.

Hình dạng tinh thể: Dạng trụ, đôi khi gặp tháp đôi hệ thoi nhọn (H.13.82). Trong các khe nứt gặp các tinh đám của các tinh thể dạng trụ.



Hình 13.82 Các tinh thể crocoit

Tính chất vật lý: Màu đỏ quít rất tươi. Vết vạch vàng. Ánh kim cương, Ng = 2,66; Nm = 2,37; Np = 2,31. Độ cứng 2,5 - 3. Dòn. Cát khai song song với {110}. Tỷ trọng 6,0.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường gặp trong đới oxi hóa của khoáng sàng chứa Pb nằm gần các khối macma siêu bazơ, khi đá siêu bazơ bị phong hóa, các khoáng vật nhóm spinen và silicat chứa crôm trong đó phá hủy tạo thành cromat Pb - crocoit.

Đặc điểm nhận biết: Tinh thể dạng trụ, màu đỏ quít, ánh kim cương, tỷ trọng lớn.

Công dụng: Vì ít khi tập trung thành khối lớn nên có ít ý nghĩa thực tế.

13.5 LỚP V: MOLIPĐAT VÀ VONFRAMAT

Lớp này gồm có muối của các axit vonframic H_2WO_4 và axit molipđic H_2MoO. Chúng có công thức chung là $R^{2+}[XO_4]^{2-}$, với R^{2+} chủ yếu là Mn, Fe, Ca và Pb, và X là W và Mo. Có 15 khoáng vật thuộc lớp này, trong đó quan trọng hơn cả là vonframit, sielit và vunfenit.

Tuy rằng hai nguyên tố molipđen và vonfram cùng ở chu kỳ thứ 6 của bảng tuần hoàn Menđeleep, có bán kính nguyên tử và ion gần bằng nhau, nhưng trong tự nhiên các hỗn hợp đồng hình của chúng rất hiếm vì các điều kiện đồng hình khác không cho phép chúng thay thế lẫn nhau.

Các khoáng vật molipđat chủ yếu thành tạo trong điều kiện ngoại sinh. Thường gặp trong đới oxi hóa của các khoáng sàng. Còn các khoáng vật vonfram thường liên quan với các khoáng sàng nhiệt dịch, chúng xuất hiện trong điều kiện nhiệt độ cao.

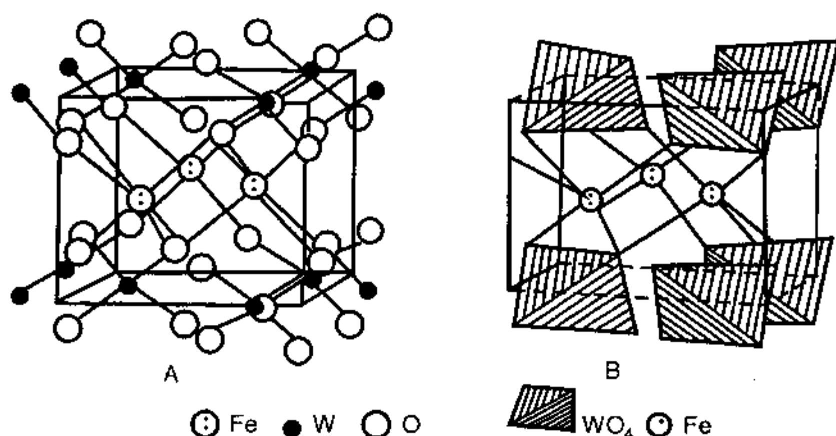
Trong lớp này chúng ta chỉ nghiên cứu ba khoáng vật vonframit ($MnWO_4$), sielit ($CaWO_4$) và vunfenit ($PbMoO_4$).

Vonframit - (Mn, Fe) [WO_4]

Tiếng Đức "Volf" là chó sói, "ram " là bọt - "bọt chó sói" (vì quặng này thường lẫn với quặng thiếc, khi nấu thì ở trên có bọt nổi lên như nước bọt chó sói).

Thành phần hóa học: Mn: từ 5,9 - 17,6%. Nếu Mn < 5,9% gọi là fecberit, nếu Mn > 17,6% gọi là hupnerit. Chứa WO_3 khoảng 75%. Có lẫn Mg (0,5%) đôi khi có CaO, Ta_2O_5, Nb_2O_5, SnO_2, v.v...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ thoi: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^4 – $P2/c$; $a_o = 4,78$ Å; $b_o = 5,73$ Å; $c_o = 4,98$ Å; β = 90°26'.

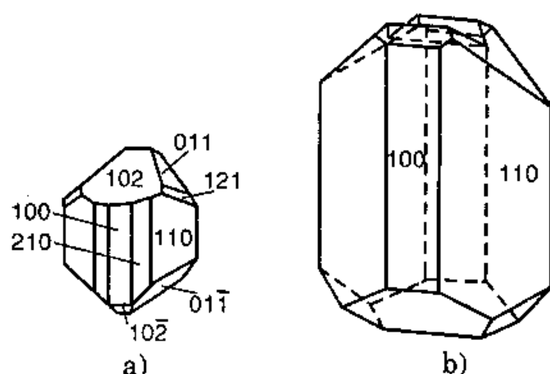


Hình 13.83 *Kiến trúc tinh thể của vonframit biểu diễn theo phối trí ion (A) và theo phối trí đa diện (B)*

Kiến trúc tinh thể: Xem hình 13.83. Các tứ diện [WO_4] bị ép dẹt và được nối với nhau bởi cation hóa trị 2.

Hình dạng tinh thể: Thường gặp dạng tấm dày hay lăng trụ. Tinh thể riêng lẻ khá lớn (trên 20cm). Thường gặp song tinh tụ phiến (H.13.84).

Tính chất vật lý: Màu vonfram đen nâu; fecberit đen; hupnerit:phớt đỏ, phớt tím. Vết vạch vonfram: nâu; fecberit: nâu sẫm tới đen; hupnerit: nâu phớt vàng. Ánh: trên mặt cát khai ánh kim cương, vết vỡ ánh mỡ. Độ cứng 4,5 - 5,5. Dòn. Cát khai hoàn toàn theo {010}. Tỷ trọng 6,7 - 7,50. Nếu giàu sắt từ tính yếu.



Hình 13.84 *Tinh thể vonframit (a) và song tinh của nó (b)*

Nguồn gốc và khoáng sàng: chủ yếu thành tạo trong các mạch thạch anh nhiệt dịch có liên quan với các khối granit, cộng sinh với caxiterit, molipdenit, pirit, acsenopirit, chancopirit.

Có trong greizen tức là granit biến đổi mạnh do tác dụng khí hóa, cộng sinh với mica, thạch anh, topa, fluorin, tuamalin, ...

Có các mạch sunfua chứa vonframit cộng sinh với chancopirit, molipdenit, pirit, sfalerit,... Trong một số ít mạch pecmatit ở giữa khối granit ta cũng gặp vonframit.

Trong đới oxi hoá bị phong hoá và biến thành ôcrơ vonfram.

Đặc điểm nhận biết: Màu nâu sẫm đẹp. Vết vạch nâu sẫm. Tỷ trọng cao. Cát khai hoàn toàn theo một phương. Hoà tan trong HCl.

Ở nước ta vonframit có tại PiaOac, Tĩnh Túc (Cao Bằng) cùng với caxiterit, ở Tây Sơn (Lâm Đồng) đã gặp nhiều tảng deluvi của vonframit đi cùng với caxiterit.

Trên thế giới có ở Vân Nam, Quảng Đông (Trung Quốc), Mianma, Malaixia , Bồ Đào Nha, Tây Ban Nha, Tây Mỹ, Zabaican và Nhectrinxki (Nga).

Công dụng: Là quặng chính của vonfram, có rất nhiều công dụng.

Luyện kim chế những thép đặc biệt có độ cứng cao dùng làm các lưỡi dao cắt nhanh. Còn dùng chế các hợp kim đặc biệt, hợp kim "siêu cứng" dùng trong việc chế tạo mũi khoan.

Chế các dây tóc bóng đèn. Chế các đối âm cực của ống rơngen.

Ngoài ra còn dùng trong hoá học và pha màu gốm sứ, thủy tinh.

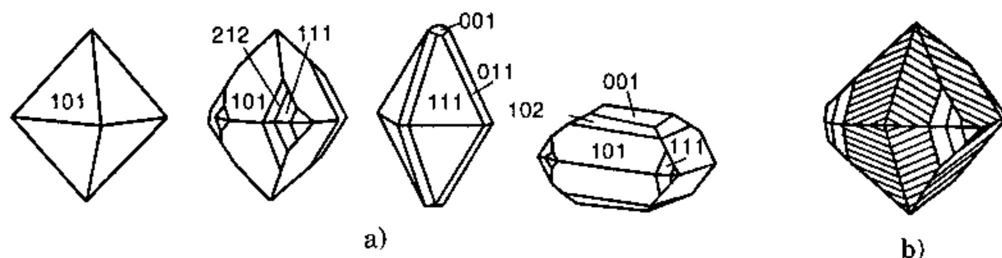
Sielit - $CaWO_4$

Đặt theo tên nhà hoá học Thuỵ Điển "Sheele", người sáng chế ra axit vonframic.

Thành phần hoá học: CaO 19,4 %; WO_3: 80,6%; chưá hỗn hợp MoO_3 và CuO, đôi khi có các nguyên tố đất hiếm.

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp đôi bốn phương: L_4PC. Nhóm không gian $C_{4h}^6 - 14_1/a$; $a_o = 5{,}246\,\mathring{A}$; $c_o = 11{,}34\,\mathring{A}$.

Hình dạng tinh thể: Tháp bốn phương (H.13.85). Thường gặp dạng hạt phân tán , dạng tinh đám và từng tinh thể riêng lẻ.



Hình 13.85 *a) Các tinh thể sielit; b) Song tinh sielit*

Tính chất vật lý: Ít khi không màu. Thường màu xám vàng phớt lục, phớt nâu đỏ. Vết vạch trắng. Ánh kim cương mỡ. Ng = 1,937; Nm = 1,920. Độ cứng 4,5. Dòn. Cát khai rõ theo {111}. Phát quang với tia âm cực.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Hay gặp trong các khoáng sàng nhiệt dịch đôi khi có trong pecmatit. Khoáng sàng lớn nhất có nguồn gốc tiếp xúc trao đổi giữa đá macma granit và cacbonat canxi, trong đó sielit cộng sinh với granat, piroxen, thạch anh và các sunfua.

Đặc điểm nhận biết: Sielit là khoáng vật khó nhận biết, căn cứ vào dạng tinh thể, tính cát khai, tỷ trọng cao, chiếu tia âm cực vào thì phát quang.

Phá hủy trong HCl và HNO_3 cho axít vonframic màu vàng (H_2WO_4) hòa tan trong NH_4OH, dung dịch trong HCl đun với thiếc có màu xanh (phản ứng vonfram).

Ở nước ta gặp sielit ở Piaoac. Trên thế giới có ở Malaixia, Tatmani.

Công dụng: Là quặng của vonfram.

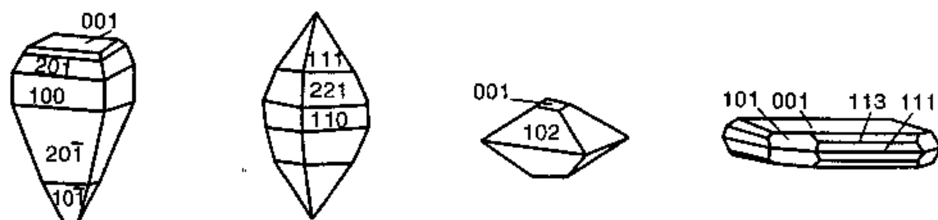
Vunfenit - $Pb[MoO_4]$

Đặt theo tên nhà khoáng vật học Áo "F. K. Wulfen".

Thành phần hóa học: PbO: 61,4%, MoO_2: 38,6%. Đôi khi có chứa hỗn hợp CaO, CuO, MgO và WO_3 và cả Cr_2O_3, V_2O_3.

Tinh hệ: Bốn phương. Dạng đối xứng tháp bốn phương: L_4PC.

Hình dạng tinh thể: dạng tấm có khi có dạng tháp đôi (H.13.86). Thường gặp tinh thể riêng lẻ, tập hợp tinh đám và dạng bột, đôi khi có dạng đặc xít.



Hình 13.86 *Các tinh thể vunfenit*

Tính chất vật lý: Màu vàng sáp, vàng đồng đôi khi da cam, đỏ. Vết vạch trắng tươi. Ánh kim cương, mỡ, Ng = 2,4; Np = 2,28. Độ cứng 3. Cát khai rõ rệt theo {111}. Tỷ trọng 6,3 - 7,0.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường gặp trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua chì kẽm. Molipđen ở đây có thể do nước hòa tan axit molipđic từ các đá xung quanh chảy tới hoặc các molipđen phân tán trong các sunfua, rồi bị oxi hóa tập trung lại. Vunfenit cũng có thể thành tạo trong các khoáng sàng nhiệt dịch chì kẽm, nhiệt độ thấp.

Đặc điểm nhận biết: Màu vàng đồng đặc trưng, dạng tinh thể đẹp, ánh kim cương, tỷ trọng lớn, cộng sinh với các khoáng vật thứ sinh của Pb.

Nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Hòa tan từ từ trong HCl có màng $PbCl_2$ trắng phủ bên ngoài.

Công dụng: Có thể khai thác lấy chì và molipđen nếu tập trung nhiều.

13.6 LỚP VI: FOTFAT, ACSENAT VÀ VANAĐAT

Lớp này gồm có khoảng 350 khoáng vật chiếm 0,7% trọng lượng vỏ Trái Đất. Là những muối của axít fotforic, acsenic và vanađic. Tuy số lượng khoáng vật lớn nhưng chúng ít phổ biến trong tự nhiên.

Các fotfat chủ yếu là những muối Al, Ca, Mn, Na, Li, Sr, đất hiếm và một phần urani. Còn acsenat và vanađat là những muối Ca, Cu, Pb, Zn, Bi, Co, Ni, U. trong các khoáng vật lớp này, thường gặp các hợp chất chứa nước. Các hợp chất có anion phụ $(OH)^{1-}$, F^{1-}, Cl^{1-}, ... cũng khá nhiều.

Hiện tượng đồng hình khá phổ biến, đặc biệt là sự đồng hình trong các gốc anion: P^{5+} có thể bị thay thế bởi As^{5+} V^{5+} và cả Si^{4+} hoặc S^{6+}.

Trong kiến trúc tinh thể của các khoáng vật lớp này có các gốc tứ diện $[PO4]^{3-}$ $[AsO_4]^{3-}$, $[VO_4]^{3-}$. Những tứ diện đó liên kết với nhau bởi các cation khác (Ca, Pb, Cu,...) có số phối trí là 6. Chúng kết tinh chủ yếu trong tinh thể một xiên (70 khoáng vật), thoi (82 khoáng vật).

Hình dạng tinh thể của chúng khác nhau nhiều, từ dạng lăng trụ kéo dài đến dạng kim, dạng vảy. Độ cứng thay đổi từ 1 - 6,5. Tỷ trọng từ 1,7 - 7,24 (phụ thuộc vào thành phần). Chiết suất từ 1,50 - 1,64.

Phần nhiều khoáng vật có màu vàng lục, vàng tươi.

Về mặt nguồn gốc các khoáng vật lớp này thành tạo chủ yếu trong điều kiện ngoại sinh. Một số ít hơn có nguồn gốc nội sinh (pecmatit, nhiệt dịch và đôi khi macma).

Các khoáng vật này chia làm hai kiểu lớn.

- Fotfat, acsenat và vanađat không nước.
- Fotfat, acsenat và vanađat có nước.

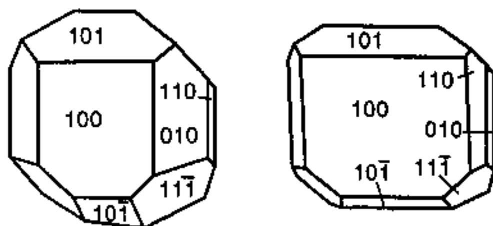
1- Nhóm monazit

Monazit - (Ce, La,...)$[PO_4]$

Từ tiếng Hy Lạp "Monnazien" là cô độc, vì thường gặp tinh thể riêng lẻ.

Thành phần hóa học: Ce_2O_3: 21,08 - 32,29%; La_2O_3: 27,9 - 41,83%; P_2O_5: 24,9 - 29,70%. Ngoài ra đôi khi có ThO_2 (tới 10 - 28%). ZrO_2, SiO_2, CaO,...

Tinh hệ: Một xiên. Dạng đối xứng lăng trụ hệ thoi: L_2PC. Nhóm không gian C_{2h}^5 – $P2_1/n$; $a_o = 6{,}79\,\mathring{A}$; $b_o = 7{,}04\,\mathring{A}$; $c_o = 6{,}74\,\mathring{A}$; β = 104°24'.



Hình 13.87 *Tinh thể monazit*

Hình dạng tinh thể: Thường dẹt theo {100}, hiếm khi có dạng lăng trụ, đẳng thước và hình tháp. Các đơn hình thường thấy là

{100}, {010}, {101}, {110} và {011} (H.13.87). Thường có nhiều vết sọc trên mặt. Hay gặp tinh thể nhỏ. Tinh thể lớn nhất nặng tới vài kilôgam.

Tính chất vật lý: Màu nâu phớt vàng, nâu đỏ, đôi khi lục. Ánh thủy tinh mạnh, mỡ Ng = 1,837; Nm = 1,787; Np = 1,785: Độ cứng 5 - 5,5. Cát khai hoàn toàn theo {001}. Tỷ trọng 4,9 - 5,5. Thường có tính phóng xạ (chứa ThO_2).

Nguồn gốc và khoáng sàng: Thường có trong pecmatit, đôi khi có trong granit và gơnai cộng sinh với fenpat, ziacon,... Monazit có thể thành tạo trong những mạch nhỏ dolomit nhiệt dịch.

Là khoáng vật vững bền, có trong sa khoáng.

Đặc điểm nhận biết: Dạng tinh thể dẹt. Màu vàng nâu, nâu đỏ. Không nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Khó hòa tan trong HCl cho kết tủa trắng.

Việt Nam có nguồn khoáng sản đất hiếm đáng kể, có khả năng khai thác, chế biến để sử dụng trong công nghiệp và xuất khẩu. Có hai khoáng vật quan trọng đó là monazit (Ce,La,...)[PO_4] và bastnezit (Ce,La,...)[CO_3]F. Loại thứ nhất nằm trong sa khoáng biển như ở Kỳ Khang (Hà Tĩnh), Kê Sung, Quảng Ngạn (Thừa Thiên - Huế), Cửa Đại (Đà Nẵng), Đề Zi, Cát Khánh, Mỹ Tho (Bình Định), Xuân Thịnh (Phú yên), Tuy Phong (Bình Thuận). Trong đó thường gặp monazit đi cùng tập hợp inmenit, ziacon, rutin và xenotim. Loại thứ hai là quặng gốc ở Nậm Xe, Đông Pao (Lai Châu), Mường Hum (Lào Cai), Yên Phú (Yên Bái). Ở đây quặng dạng mạch, nguồn gốc nhiệt dịch nhiệt độ thành tạo 200 - 300°C, có liên quan với granit sáng màu. Thành phần quặng có bastnezit, parizit, barit (mỏ Nậm Xe). Quặng đôi khi nằm trong đá kiềm sienit, sienit thạch anh, sienit pocfia sáng màu. Tổ hợp khoáng vật gồm bastnezit, fluorin, parizit, barit (mỏ Đông Pao). Ở chỗ tiếp xúc giữa granit kiềm và đá phiến flogopit, sừng scapolit có khoáng hoá đất hiếm U – Th (Mường Hum). Tổ hợp khoáng vật có monazit, ziacon, granat, storolit, piroclo. Quặng đất hiếm cũng gặp trong trầm tích lục nguyên (Yên Phú) với thành phần khoáng vật chính gồm fecgusonit, sonkinit, xenotim, manhetit.

Ngoài ra các nguyên tố đất hiếm còn có mặt trong vỏ phong hoá của đá sienit thạch anh, granosienit, granit kiềm, granit aplit do cơ chế hấp thụ ion bởi các khoáng vật thứ sinh như halozit, hidromica, monmorilonit. Các khoáng vật tàn dư trong vỏ phong hoá là alanit, monazit, ytrofluorin, rabofanit.

Monazit có nhiều ở Trung Quốc, Nga, Namibia, Mỹ, Australia, Ấn Độ, Canada.

Công dụng: Là quặng của Ce và La.

2- Nhóm apatit

Apatit - $Ca_5[PO_4]_3$ (F, Cl)

Từ tiếng Hy Lạp "apatao" nghĩa là nhầm (vì trước đây người ta hay nhầm với các khoáng vật khác như berin, tuamalin,...).

Thành phần hóa học: người ta phân biệt flo-apatit $Ca_5[PO_4]_3F$ và clo-apatit $Ca_5[PO_4]_3Cl$. Thành phần gồm có:

Flo-apatit: CaO: 55,5%; P_2O_5: 42,3%; F: 3,8%

Clo-apatit: CaO: 53,8%; P_2O_5: 41%; Cl: 6,8%

Clo-apatit phổ biến hơn. Thường có anion $[OH]^-$.

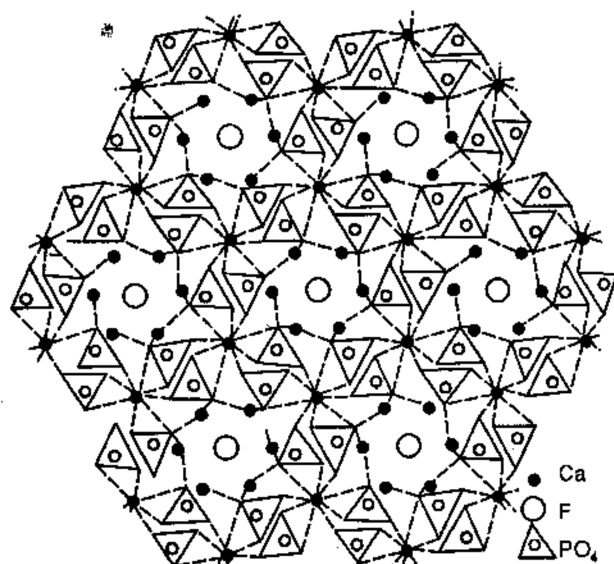
Có chứa hỗn hợp: Na_2O, Ce_2O_3, MgO, Fe_2O_3, Al_2O_3, v.v...

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương: L_6PC. Nhóm không gian $C_{6h}^2 - P6_3/m$. Hằng số ô mạng:

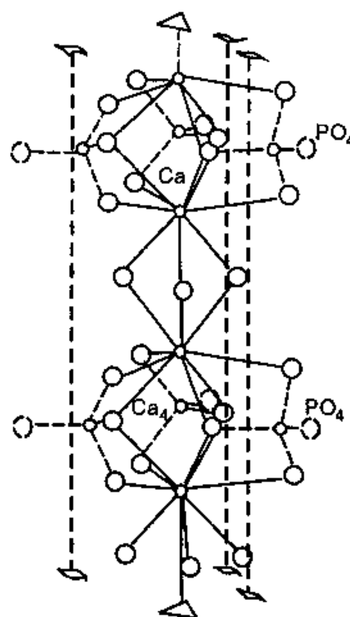
Flo-apatit: $a_o = 9{,}36\,\text{Å}$; $c_o = 6{,}88\,\text{Å}$

Clo-apatit: $a_o = 9{,}25\,\text{Å}$; $c_o = 6{,}85\,\text{Å}$.

Kiến trúc tinh thể: Trên hình 13.88 biểu diễn hình chiếu kiến trúc tinh thể dọc theo trục bậc 6 chiếu lên mặt {0001}. Các tứ diện riêng lẻ $[PO_4]^{3-}$ liên kết với nhau nhờ các cation Ca^{2+}. Mỗi ion Ca^{2+} liên kết với 9 oxi, những ion Ca^{2+} tạo thành những cột song song với trục c mà ở giữa cột có các ion F^{1-} (hoặc Cl^{1-}) các cột này liên kết với nhau nhờ các tứ diện $[PO_4]^{3-}$. *Hình dạng tinh thể*: Thường có tinh thể đẹp nằm trong các hỗng. Có dạng lăng trụ sáu phương, dạng cột, dạng kim đôi khi dạng tấm (H.13.89). Các đơn hình thường gặp là lăng trụ {1010}, song diện {0001}, tháp đôi {1011}, v.v...



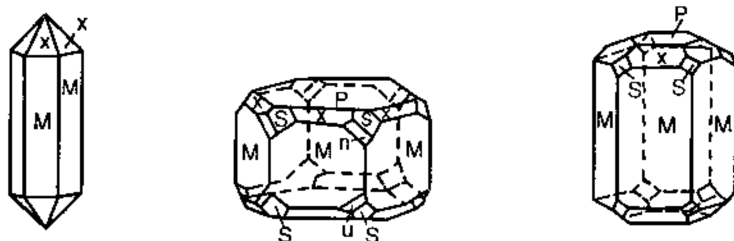
a)



b)

***Hình 13.88** Kiến trúc tinh thể apatit*

a) Hình chiếu trên mặt (0001); b) Cột canxi



Hình 13.89 *Các tinh thể apatit P{0001}, M{10z$\bar{1}$0}, x{10$\bar{1}$1}, S{11$\bar{1}$1}, n{21$\bar{1}$1}*

Thường gặp tập hợp dạng đặc xít, dạng tinh thể nhỏ (H.13.90), đôi khi dạng mạch, dạng đặt. Trong đá trầm tích gặp dạng kết hạch có chứa nhiều bao thể cát và các tạp chất khác. Chúng có tên là fotforit.

Tính chất vật lý: không màu, trắng, lục nhạt, xanh, vàng tím; thường gặp màu lục. Ánh thủy tinh, chiết suất của flo – apatit: Nm = 1,633, Np = 1,629. Độ cứng 5. Dòn. Cát khai không hoàn toàn theo {0001}. Tỷ trọng 3,18-3,21.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Apatit có nhiều nguồn gốc khác nhau:

Là khoáng vật phụ kết tinh muộn nhất trong đá macma; có thể ở dạng tinh thể nhỏ trong đá phun trào hoặc thành khối đặc xít, cộng sinh với nefelin, ziacon, sfen,...

Trong các thể pecmatit axit và kiềm có dạng trụ khá lớn.

Trong các mạch nhiệt dịch, đi cùng với caxiterit, fluorin, v.v...

Trong quá trình trầm tích sinh hoá tạo thành nhiều khoáng sàng lớn fotforit dạng kết hạch, dạng bướu hoặc dạng đặc xít trong cát kết, cát bột kết.

Đặc điểm nhận biết: Dạng lăng trụ sáu phương, phân biệt với berin bởi độ cứng thấp hơn của berin.

Rất khó nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi. Hoà tan trong HNO_3, HCl và H_2SO_4.



Hình 13.90 *Các tinh thể apatit*

Ở Việt Nam có mỏ apatit Lào Cai nổi tiếng đã và đang khai thác, sử dụng trong nông nghiệp và công nghiệp. Mỏ có nguồn gốc trầm tích biến chất nằm xen trong các tập đá phiến cacbonat thạch anh - mica. Còn tập dolomit và đá vôi bị dolomit hóa nằm ở dưới. Thành phần quặng apatit gồm flo-apatit, dolomit, thạch anh, scapolit, mutcovit, pirit. Hàm lượng P_2O_5 trong quặng trung bình 24 - 26%. Trong đới phong hóa do quá trình rửa lũa, cacbonat bị hoà tan trôi ra khỏi thân quặng làm cho hàm lượng P_2O_5 được nâng lên tương đối đạt tới 34 - 36%. Quặng apatit Lào Cai có thể sử dụng trực tiếp để sản xuất supefotfat và axit fotforit, phân lân nung chảy, phân lân thủy nhiệt (khử flo), fotfat kiềm (renanit) và fotfo.

Ngoài ra ở nước ta cũng như nhiều nước ở Đông Nam Á còn gặp kiểu quặng fotforit thấm đọng kacstơ thành tạo trong các hang động núi đá vôi ở Vĩnh Thịnh (Lạng Sơn), Cao Thịnh (Thanh Hoá), Khoe Lá, Núi Trầu (Kiên Giang). Quặng ẩn tinh,

vô định hình có dạng đống, ổ, túi, mạch tùy theo địa hình nơi lắng đọng. Thành phần khoáng vật chủ yếu là fotfat canxi có lẫn nhiều vật chất cơ học, mảnh đá vụn.

Loại hình mỏ fotforit thấm đọng quy mô không lớn, chỉ thích hợp với công nghiệp địa phương và khai thác bằng phương pháp thủ công.

Trên thế giới apatit thành tạo nhiều mỏ lớn: mỏ Khibin (bán đảo Kola), Sliudian ở gần hồ Bai Can (Nga), Ukraina, vùng mỏ fotforit Cara - Tau (Nam Kazacstan), Aidao, Iuta, Montana (Mỹ). Châu Phi có các mỏ lớn ở Angieri, Tuynidi, Maroc.

Công dụng: Công dụng chủ yếu để chế phân bón (supefotfat) còn dùng trong hoá học, làm diêm và công nghiệp gốm sứ

Piromocfit - $Pb_5[PO_4]_3Cl$

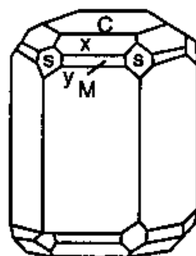
Tiếng Hi Lạp "pyros" là lửa, "morfe" là dạng (vì khoáng vật này khi nung nóng chảy thành hạt cầu đỏ để nguội lại có dạng tinh thể).

Thành phần hoá học: PbO: 82%; P_2O_5: 15,4%; Cl: 2,6%. Có khi chứa CaO (tới 8 - 9%), As_2O_3 (4%).

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng tháp đôi sáu phương: L_6PC. Nhóm không gian $C_{6h}^2 - P6_3/m$; $a_o = 9{,}97\,\text{Å}$; $c_o = 7{,}33\,\text{Å}$.

Kiến trúc tinh thể: Giống apatit.

Hình dạng tinh thể: Thường có dạng lăng trụ, dạng cột (H.13.91). Dạng tập hợp: tinh đám nhỏ, hoặc dạng thận, dạng cầu.



Hình 13.91 *Tinh thể piromocfit M{1011}, C{0001}, x{1011}, y{2021}, s{1121}*

Tính chất vật lý: Màu lục, vàng, nâu; có khi đỏ, da cam. Vết vạch trắng phớt vàng. Ánh kim cương, Nm = 2,050; Np = 2,042. Độ cứng 3,5 - 4. Dòn. Cát khai thực tế không có. Tỷ trọng 6,7 - 7,1.

Nguồn gốc và khoáng sàng: là khoáng vật ngoại sinh điển hình, thành tạo trong đới oxi hóa của khoáng sàng sunfua chì. Thường thành giả hình theo galen và xeruxit.

Có trong mạch nhiệt dịch nhiệt độ thấp nhưng hiếm gặp.

Đặc điểm nhận biết: Khác apatit: tỷ trọng cao ánh kim cương. Dễ nóng chảy trong ngọn lửa ống thổi thành hạt cầu, để nguội kết tinh thành khối đa diện. Hòa tan trong HNO_3 và KOH.

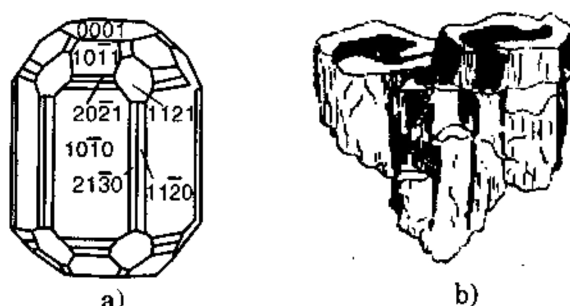
Công dụng: Khai thác cùng các loại quặng chì khác.

Vanadinit - $Pb_5[VO_4]_3Cl$

Thành phần hóa học: PbO: 78,3%; V_2O_5: 19,3%; Cl: 2,4%. Đôi khi còn chứa một lượng P_2O_5 và As_2O_5.

Tinh hệ: Sáu phương. Dạng đối xứng: tháp đôi sáu phương: L_6PC. Nhóm không gian $C_{6h}^2 - P6_3/m$. $a_o = 10{,}49\,\text{Å}$; $c_o = 7{,}44\,\text{Å}$.

Hình dạng tinh thể: Tinh thể dạng trụ thành các liên tinh song song (H.13.92), dạng hình kim. Thường gặp các tinh thể lăng trụ rỗng bên trong do tác dụng thấm lọc tạo thành các lỗ hổng. Tập hợp có dạng thận cấu tạo phóng tỏa hoặc dạng tóc.



Hình 13.92 *Tinh thể vanadinit (a) và liên tinh song song (b)*

Tính chất vật lý: Màu vàng tới nâu, có khi màu hồng. Vết vạch trắng đến vàng nhạt. Ánh nhựa, Nm = 2,354; Np = 2,299. Độ cứng 3,0. Dòn. Không có cát khai, vết vỡ lởm chởm. Tỷ trọng 6,66 - 7,10.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Vanađinit là khoáng vật thứ sinh chủ yếu gặp trong đới oxi hóa, của các khoáng sàng sunfua chì kẽm nằm trong đá cacbonat. Cộng sinh với piromocfit, vunfenit, xeruxit, anglezit và limonit.

Đặc điểm nhận biết: Phân biệt với piromocfit và mimetezit nhờ phản ứng hóa học.

Dễ hòa tan trong HNO_3, đun cho dung dịch bay hơi, cặn còn lại có màu đỏ sẫm (những khoáng vật khác thuộc nhóm này, cặn còn lại có màu trắng hay xám).

Trên thế giới có nhiều ở Kazacstan, bắc Rôđêzi.

Công dụng: vanađinit là quặng của vanađi.

3- Nhóm scorođit

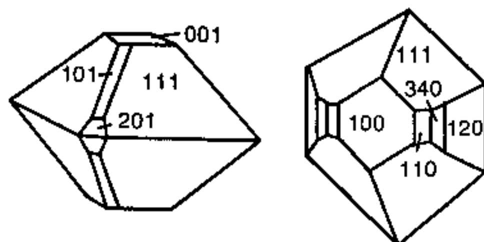
Scorođit - $Fe[AsO_4]. 2H_2O$

Thành phần hóa học: Fe_2O_3: 34,6%; As_2O_3: 49,8%; H_2O: 15,6%. Chứa Al_2O_3 tới 7,10%.

Tinh hệ: Thoi. Dạng đối xứng tháp đôi hệ thoi: *3L₂3PC*. Nhóm không gian D_{2h}^{5} - *Pcab*; a_o = 10,28 Å; bo = 10,0Ổ; c_o = 8,90 Å.

Hình dạng tinh thể: Tháp đôi hệ thoi; đôi khi có tụ hình với lăng trụ (H.13.93). Thường thấy tập hợp khối đất, đặc xít.

Tính chất vật lý: Màu lục nhạt, lục vỏ táo, màu lục lam, xám phớt nâu. Trên mặt tinh thể ánh kim cương, Ng = 1,79 - 1,81; Nm = 1,77 - 1,79; Np = 1,76 - 1,78. Độ cứng 3,5. Dòn. Vết vỡ không bằng phẳng. Cát khai không hoàn toàn. Tỷ trọng 3,3.



Hình 13.93 *Tinh thể scorodit*

Nguồn gốc và khoáng sàng: Scorođit là khoáng vật ngoại sinh, phân bố trong đới oxi hoá của khoáng sàng chứa acsenpirit, thường do acsenpirit bị oxi hóa tạo thành.

Đặc điểm nhận biết: Thường có màu lục nhạt, luôn luôn đi cùng với acsenpirit tàn dư. Phản ứng ống thổi cho mùi tỏi.

Nước ta có scorođit ở Tháp Miếu (Phú Thọ) đi cùng với limonit, pirit và thạch anh. Ở Tam Đảo scorođit nằm phần trên các mạch sunfua - caxiterit, cộng sinh với limonít và các khoáng vật thứ sinh khác.

4- Nhóm mica uran

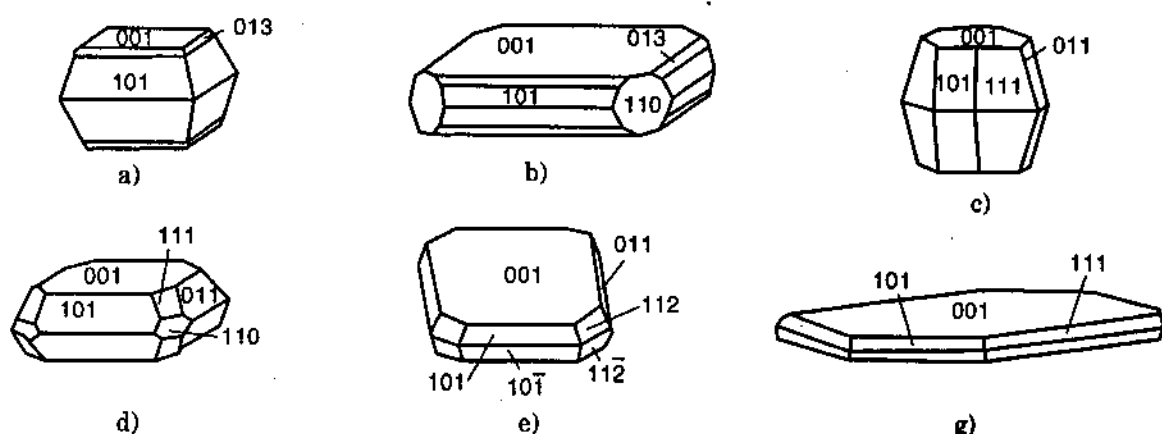
Nhóm này có công thức chung là $R[UO_2]_2[XO_4]_2.nH_2O$. Trong đó R chủ yếu là Cu^{2+} hoặc Ca^{2+}, thứ yếu có Mn^{2+}, Fe^{2+}, Mg^{2+}, Ba^{2+} hoặc K^{1+}; $[XO_4]$ có thể là $[PO_4]$, $[AsO_4]$ hoặc $[VO_4]$; n thường bằng 8.

Đặc biệt trong thành phần của chúng đều có nhóm $[UO_2]^{2+}$.

Kiến trúc tinh thể đều có dạng lớp, trong đó $[UO_2]^{2+}$ cùng với các tứ diện $[PO_4]^{3-}$, $[VO_4]^{3-}$ hoặc $[AsO_4]^{3-}$ tạo thành những tầng kéo dài vô hạn theo hai phương. Giữa các tầng có Cu, Ce, các ion dương và H_2O điền vào. Lực liên kết giữa các tầng rất yếu nên cát khai hoàn toàn theo phương này (tính chất đó rất giống mica).

Các phân tử nước trong mica uran dễ bị bay hơi trong không khí khi áp suất hơi tương đối thấp. Kết quả làm thay đổi tính chất vật lý của chúng. Ví dụ, tỷ trọng và chiết suất đều bị biến đổi. Hình dạng tinh thể xem (H.13.94).

Màu sắc của mica uran rất sặc sỡ: vàng tươi hoặc lục tươi. Trên mặt cát khai có ánh ngọc. Độ cứng tương đối thấp. Dễ hòa tan trong axit và có tính phóng xạ. Các tính chất vật lý khác nêu trong bảng 13.9.



Hình 13.94 *Các tinh thể mica uran*

a, b, c) tocbecnit; d, e) otunit; g) tiuyamunit

Bảng 13.9 Tính chất vật lý của các mica uran

Khoáng vật	Công thức	Tinh hệ	Màu sắc	Np	Tỷ trọng
Tocbecnit	$Cu[UO_2]_2[PO_4]_2 . 12H_2O$	Bốn phương	Lục vỏ táo	1,580	2,3 - 3,6
Otunit	$Ca[UO_2]_2[PO_4]_2 . 8H_2O$	Bốn phương	Vàng chanh, vàng lục	1,571	3,05 - 3,19
Tiuyamunit	$Ca[UO_2]_2[VO_4]_2 . 8H_2O$	Thoi	Vàng tươi, phớt lục	1,670	3,68
Cacnotit	$K_2[UO_2]_2[VO_4]_2 . 3H_2O$	Một xiên	Vàng tươi, vàng lục	1,750	4,46

Muốn nhận biết các khoáng vật mica có thể dựa vào màu sắc, tính phóng xạ và các hằng số quang học.

Nguồn gốc và khoáng sàng: Hầu hết đều sinh thành trong đới oxi hóa của khoáng sàng uran. Quá trình thành tạo cũng có mặt các vật chất hữu cơ do đó có liên quan đến các khoáng vật của vanadi.

Ở Việt Nam các khoáng vật mica uran thường là sản phẩm phong hoá của các khoáng vật chứa uran nguyên sinh làm cho tổ hợp quặng ở đây có màu sặc sỡ. Mỏ Khe Hoa - Khe Cao (Quảng Nam) gặp tocbecnit và otunit trong khe nứt của cát kết hạt nhỏ. Ở vùng mỏ pecmatit Thạch Khoán (Phú Thọ), Sa Huỳnh, Ba Tơ (Quảng Ngãi) đã gặp các khoáng vật thứ sinh của uran như otunit, metatocbecnit. Các loại mica uran khác ít phổ biến và phân bố rất tản mạn.

Trên thế giới, otunit gặp trong mỏ Sacxoni (Đức), Cocnuon (Anh), trong mạch pecmatit của Mađagasca. Tiuyamunit có thể được thành tạo từ cacnotit dưới tác dụng của nước chứa bicacbonat canxi và kali bị canxi thay thế gặp ở Colorado (Mỹ). Cacnotit còn tìm thấy ở Catanga (Côngô), Radium - Hill (Australia).

Công dụng: Nguồn nguyên liệu quan trọng của uran, vanađi.

PHẦN THỨ TƯ

CỘNG SINH KHOÁNG VẬT

Chương 14

NHỮNG TỔ HỢP CỘNG SINH KHOÁNG VẬT QUAN TRỌNG NHẤT

Trong phần đại cương của giáo trình chúng ta đã biết tất cả khoáng vật trong vỏ Trái Đất thường tạo thành những tổ hợp nhất định đó là các loại đá và quặng. Những tổ hợp khoáng vật xuất hiện do kết quả của các quá trình địa chất tạo khoáng khác nhau (nội sinh, ngoại sinh, biến chất) hoặc là sản phẩm của các giai đoạn tạo khoáng riêng biệt.

Đá và quặng là đối tượng nghiên cứu của các ngành nghiên cứu địa chất học: thạch học và khoáng sàng học. Trong phần này của giáo trình chúng ta nghiên cứu thành phần khoáng vật của các thành hệ với quan điểm liên hệ các tổ hợp khoáng vật với các đặc điểm về nguồn gốc sinh thành chúng.

Tùy theo nguồn gốc các khoáng sàng có thể chia khoáng vật thành các nhóm: nội sinh, ngoại sinh, biến chất. Mỗi nhóm lại chia ra nhiều họ khoáng sàng tương ứng với các giai đoạn tạo khoáng. Họ khoáng sàng lại chia ra nhiều thành hệ. Các thành hệ được đặc trưng bằng những tổ hợp khoáng vật chính rất điển hình cho các khu vực khác nhau trên vỏ Trái Đất và cho các thời kỳ địa chất.

Ví dụ, trong họ khoáng sàng macma thực sự có thành hệ crom-spinen, titanmanhetit và manhetit, các khoáng vật của nhóm bạch kim.

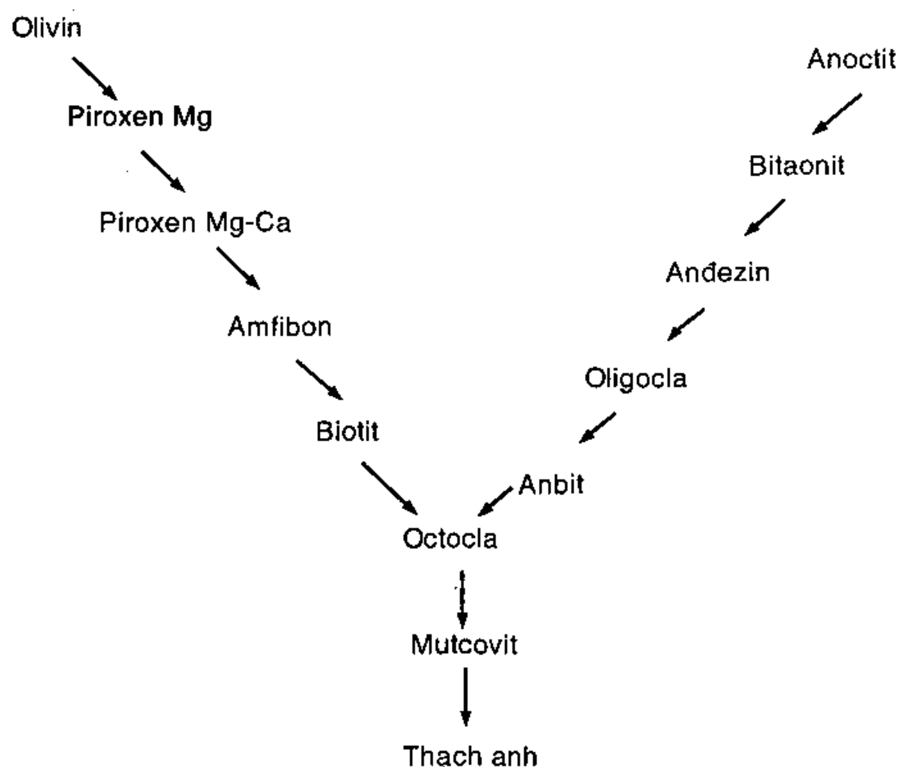
Các đá và các khoáng sàng quặng liên quan với nhau không những chỉ về nguồn gốc mà còn liên quan với nhau theo cả không gian và thời gian. Bởi vậy để đặc trưng cho một nhóm khoáng sàng, đầu tiên chúng ta cần quan sát các đặc điểm khoáng vật học của đá và liên hệ với các khoáng sàng quặng.

14.1 TỔ HỢP CỘNG SINH KHOÁNG VẬT TRONG ĐÁ VÀ KHOÁNG SÀNG CÓ NGUỒN GỐC NỘI SINH

Quá trình tạo khoáng nội sinh chia ra ba giai đoạn: macma thực sự, pecmatit và nhiệt dịch. Nói chung sự hình thành các loại đá quặng, và các khoáng vật riêng biệt phụ thuộc vào điều kiện kết tinh của macma (nói riêng là sự hạ thấp nhiệt độ).

1- Sản phẩm của giai đoạn macma thực sự

Sự thành tạo của tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong giai đoạn macma xảy ra liên tục. Quá trình phân dị macma dẫn tới sự kết tinh của khối đá siêu bazơ, trung tính và axit. N. L. Bowen đã chỉ ra thứ tự thành tạo của các khoáng vật hợp thành các loại đá trong hai liệt phản ứng sau đây (H.14.1).



Hình 14.1 *Liệt phản ứng của N. L. Bowen*

Trong quá trình kết tinh của macma, tại điểm ơtecti, thông thường chỉ thấy hai khoáng vật xuất hiện đồng thời: silicat Mg – Fe và plagiocla. Rất hiếm khi thấy một khoáng vật thứ ba cùng xuất hiện. Hơn nữa do nhiệt độ hạ thấp từ từ các khoáng vật được tạo thành sớm phản ứng với chất nóng chảy xung quanh làm phát sinh hiện tượng thay thế các tổ hợp khoáng vật cộng sinh cũ bằng tổ hợp mới.

Đối với dãy bên trái, một khoáng vật này được thay thế bằng khoáng vật khác chỉ xảy ra ở một nhiệt độ nhất định mà không tiến hành theo nhiệt độ giảm dần. Do đó dãy này gọi là liệt phản ứng không liên tục.

Trong dãy bên phải, các plagiocla tùy theo nhiệt độ giảm dần mà thành phần anbit tăng lên một cách liên tục dưới hình thức các dung dịch cứng. Do đó gọi là liệt phản ứng liên tục.

Kết thúc hai liệt phản ứng là octocla, nhưng octocla không phải là sản phẩm phản ứng của những khoáng vật cuối cùng với chất nóng chảy macma, mà có thể là sự tập trung cuối cùng của kali trong chất nóng chảy macma tạo nên.

Với quan điểm đó sự kết tinh của macma sẽ cho ta các loại đá và các tổ hợp cộng sinh khoáng vật nhất định (bảng 14.1).

Liên quan với các đá có nguồn gốc macma là các khoáng sàng quặng được đặc trưng bằng nhiều tổ hợp cộng sinh nhất định (thành hệ).

Trong đá siêu bazơ và bazơ có các thành hệ liên quan cromspinen, titanmanhetit và manhetit, hematit - inmenit, inmenit và rutin, pirotin - penlandit - chancopirit, bocnit - chancopirit, các khoáng vật nhóm bạch kim và sắt tự nhiên (bảng 14.2).

Liên quan với đá trung tính có khoáng sàng sắt và đồng. Còn đối với macma kiềm có các thành hệ nefelin, ziacon và apatit, grafit (bảng 14.3).

Với các đá axit, có các khoáng sàng nhiệt dịch và pecmatit của kim loại màu, kim loại hiếm, kim loại phân tán; các khoáng sàng sa khoáng vonfram, monazit, xenotim, ziacon, octit, vàng liên quan.

Bảng 14.1 *Khoáng vật của đá macma*

Khoáng / Đá vật	Chính	Phụ	Khoáng vật thứ sinh	
			Biến đổi nhiệt dịch	Ngoại sinh
ĐÁ SIÊU BAZƠ				
Peridotit, Dunit	Olivin.	Piroxen, amfibon, Plagiocla bazơ.	Secpentin Crizotin atbet.	Thạch anh, canxedon, opan, quặng sắt nâu, gacnierit, nontronit.
Piroxenit	Piroxen.	Olivin, manhetit, inmenit, cromit.	Tan, clorit, bruxit, manhezit.	
ĐÁ BAZƠ				
Gabro	Plagiocla bazơ Piroxen một xiên.	Olivin, ogit, piroxen thoi, amfibon, biotit, apatit sfen.	Epidot, zoizit anbit, xerixit, clorit, uralit.	
Bazan, diabaz, dolerit	Plagiocla Piroxen đơn tà.	Olivin, piroxen trực thoi, amfibon, biotit, manhetit, titanomanhetit, apatit, thạch anh.		
Anoctozit	Plagiocla bazơ.	Thạch anh, fenpat kali, inmenit, piroxen, olivin, biotit.		
ĐÁ TRUNG TÍNH				
Nhóm Diorit - andezit	Plagiocla trung tính, amfibon, piroxen.	Thạch anh, biotit, octocla, apatit, manhetit, inmenit, sfen, ziacon.	Octit, granat, pirit, uranit, xerixit.	Lơcoxen, kaolin.
Nhóm Sienit - trachit	Plagiocla, Biotit, Amfibon, piroxen.	Granat, octocla,nefelin, sfen, apatit, manhetit, fluorin, ziacon.	Xerixit, epidot, kaolin, clorit.	Kaolin, canxit, quặng sắt nâu.
Nhóm sienit có nefelin - fonolit	Octocla, anoctocla, microclin,anbit, nefelin, lơxit, piroxen, amfibon, biotit.	Sodalit, plagiocla, ơdialit, lamprofilit corindon, granat, manhetit, inmenit, apatit, ziacon, sfen, silicat Ti, Zr.	Zeolit, muscovit, xerixit, sodalit, ananxim.	Hidracgilit, bơmit, opan, kaolin.

Khoáng / Đá vật	Chính	Phụ	Khoáng vật thứ sinh	
			Biến đổi nhiệt dịch	Ngoại sinh
ĐÁ AXIT				
Granit, granodiorit, diorit thạch anh, pocfiarit.	Thạch anh, octocla, microclin, plagiocla, biotit, amfibon, muscovit, piroxen.	Manhetit, inmenit, apatit, ziacon, octit, sfen, pirit.	Xerixit, epidot, clorit, tuamalin, muscovit.	Kaolin, opan, canxit, quặng sắt nâu.
Riolit, riolit pocfia, daxit, daxit pocfia.	Thạch anh, plagiocla, octocla, microclin, biotit, piroxen, amfibon.	Tridimit, cristobalit, apatit, cocdierit, ziacon.	Granat, sfen, tuamalin, topa, fluorin, muscovit, xerixit.	Kaolin.

Bảng 14.2 *Các thành hệ khoáng sàng liên quan với đá macma bazơ và siêu bazơ*

Tên Thành hệ	Đá Có liên quan	Thành phần khoáng vật	
		Chính	Phụ
Cromspinen	Dunit và peridotit	Cromit, olivin.	Granat crom, clorit crom, secpentin, đồng tự nhiên, các khoáng vật nhóm bạch kim.
Titanomanhetit và manhetit	Anoctozit, piroxenit, hocblendit, gabro.	Titanomanhetit, manhetit, inmenit.	Hematit, apatit, olivin, piroxen, plagiocla, clorit, sfen.
Hematit - inmenit, inmenit và rutin	Anoctozit.	Inmenit, hematit, rutin, apatit.	Plagiocla, biotit, actinolit, một số sunfua (pirit, pirotin, chancopirit).
Pirotin - penlandit - chancopirit	Peridotit, piroxenit, gabro.	Pirotin, penlandit, chancopirit, cubanit.	Các khoáng vật nhóm bạch kim, inmenit, manhetit, olivin, piroxen,
Bocnit– chancopirit	Gabro.	Titanomanhetit chứa vanadi, boocnit, chancopirit, chancozin.	Inmenit, apatit, piroxen, amfibon.
Các khoáng vật nhóm bạch kim	Dunit, peridotit, piroxenit.	Cromspinelit, inmenit, manhetit, polixen, bạch kim – iridi, sperilit, cuperit.	Pirotin, penlandit, chancopirit, osmirit, iridi - bạch kim, bạch kim - paladi.
Sắt tự nhiên	Bazan	Sắt tự nhiên.	Các khoáng vật tạo đá của bazan.

Bảng 14.3 *Các thành hệ khoáng sàng liên quan với đá kiềm*

Tên Thành hệ	Đá Có liên quan	Thành phần khoáng vật	
		Chính	Phụ
Nefelin, ziacon, apatit	Sienit nefelin.	Nefelin, apatit.	Ziacon, inmenit, sfen, biotit, egirin.
Grafit	Sienit nefelin.	Nefelin, egirin ogit, grafit.	Fenpat.

2- Sản phẩm của giai đoạn pecmatit

Các khoáng vật trong giai đoạn pecmatic kết tinh từ các dung nham silicat tàn dư có giàu chất bốc. Quá trình phát triển của giai đoạn này là do sự biến đổi không ngừng các điều kiện cân bằng của hệ thống hoá lý: nhiệt độ, áp suất, nồng độ các thành phần. Lúc đầu sự kết tinh xảy ra trong hệ thống kín không có tác dụng tương hỗ với môi trường vây quanh; sau đó xảy ra quá trình trao đổi mạnh mẽ với các thành phần xung quanh, quá trình kết tinh xảy ra trong hệ thống hở. Các tổ hợp cộng sinh điển hình của giai đoạn pecmatit được phân chia theo kiểu pecmatit sạch là loại pecmatit không trao đổi thành phần với đá vây quanh và pecmatit hỗn hợp là pecmatit có trao đổi thành phần hóa học với các đá vây quanh (bảng 14.4).

Những sản phẩm của thành tạo khí hóa là do sự kết tinh của các vật chất từ thể khí của macma tàn dư. Quá trình hoạt động của các núi lửa giải phóng một khối lượng khổng lồ các chất khí của các nguyên tố dễ bay hơi như lưu hoàng, acsen và các halogen. Trong điều kiện nguội lạnh đột ngột và oxi hóa của khí quyển các chất khi thăng hoa thành tạo các sản phẩm của núi lửa phun hơi như lưu hoàng, halit, hùng hoàng, thư hoàng, fluorin v.v... (bảng 14.5). Những nguyên tố khó bay hơi hơn được thành tạo trong điều kiện nhiệt độ và áp suất cao hơn như grafit (cacbon nguyên chất), một số hợp chất của sunfua và đặc biệt là các muối oxi.

Bảng 14.4 *Thành phần khoáng vật của các kiểu pecmatit*

Kiểu Pecmatit	Thành hệ Khoáng sàng	Thành phần khoáng vật	
		Chính	Phụ
PECMATIT GRANIT			
Pecmatit sạch	Fenpat, muscovit và các khoáng vật đất hiếm, urani.	Thạch anh, fenpat (K-Na và K), muscovit, anbit.	Biotit, tuamalin, apatit, ziacon, granat, manhetit, octit, sfen, columbit, tantanlit, các oxit phức tạp của Ti, Ta, Nb.
Pecmatit hỗn hợp	Khoáng vật kim loại hiếm.	Microclin, amazonit, thạch anh, anbit, plagiocla, biotit, muscovit	Octit, tuamalin, columbit, tantanlit, thạch cao, topa, fenpat
	Emơrot.	Biotit, flogopit, actinolit, tan, clorit.	Emơrot, fenakit.
	Corindon.	Plagiocla, corindon.	Spinen, granat, tuamalin, biotit, clorit, rutin, diaspo, vecmiculit, tan, actinolit.

Kiểu Pecmatit	Thành hệ Khoáng sàng	Thành phần khoáng vật	
		Chính	Phụ
PECMATIT KIỀM			
Pecmatit sạch	Các khoáng vật Zr, Ti, Nb, đất hiếm và Th.	Nefelin, microclin, egirin, anbit, sodalit, ơdialit, lamprofilit.	Ơdialit, apatit.
Pecmatit hỗn hợp	Ziacon – piroclo.	Octocla, mangan-inmenit, ziacon, egirin	Sodalit, apatit, piroclo.

Bảng 14.5 *Thành phần khoáng vật của các thành tạo khí hóa*

Kiểu Thành tạo	Tên Thành hệ	Thành phần khoáng vật	
		Chính	Phụ
Núi lửa phun khí		Lưu hoàng, halit, sinvin, tenacdit, anhidrit, xaxolin, tridimit, hematit, pirit, fluorin, manhetit.	Reanga, ocpimen. Covelin, sfalerit, galenit, canxit.
Khí hóa thực thụ	grafit	Muscovit, grafit	Thạch anh, pirit
	Flogopit, diopxit, apatit.	Diopxit, scapolit, flogopit, canxit, apatit.	Tremolit, actinolit, pirotin, pirit, manhetit, thạch anh, tuamalin.
	Topa – berin.	Topa, thạch anh, emơrot, berin, canxit, dolomit.	Acsenopirit, fecberit, fluorin, siderit, bismutin, muscovit, molipdenit, pirit, chancopirit, apatit, barit.

3- Sản phẩm của giai đoạn nhiệt dịch

Giai đoạn tạo khoáng nhiệt dịch phân biệt rõ rệt với các giai đoạn tạo khoáng nói trên ở chỗ nó hình thành dưới nhiệt độ tới hạn của nước, xảy ra trong dung dịch nước nóng, vai trò của pha khí là thứ yếu. Thành phần khoáng vật phụ thuộc vào điều kiện thành tạo tức độ sâu và nhiệt độ của dung dịch tạo khoáng (bảng 14.6). Dung dịch nhiệt dịch có ảnh hưởng tới các đá vây quanh, làm chúng bị biến đổi, hình thành khoáng vật mới. Đáng kể nhất là greizen hóa và thạch anh hóa.

Trong greizen tập hợp những khoáng vật điển hình như: thạch anh, rutin, tuamalin, topa, fluorin, mutcovit. Các khoáng vật cùng cộng sinh có caxiterit, vonframit, sielit, acsenpirit, molipđenit, chancopirit, sfalerit, galen và các khoáng vật khác.

Trong thạch anh hóa có corinđon, anđaluzit, thạch anh, điaspo, đickit, xerixit, v.v...

Bảng 14.6 *Thành phần khoáng vật trong các mạch nhiệt dịch*

Kiểu khoáng sàng	Thành hệ khoáng sàng	Thành phần khoáng vật	
		Chính	Phụ
Nhiệt độ cao	Vàng thạch anh và vàng acsenopirit	Thạch anh.	Pirit, acsenopirit, galenit, chancopirit, sfalerit, vonframit, molipdenit, pirotin, quặng đồng xám, vàng.
	Thạch anh-caxiterit	Thạch anh, topa, caxiterit, fluorin.	Tantano-columbit, vonframit, molipdenit, bismutin.
	Thạch anh - molip-denit, vonframit	Thạch anh, vonf-ramit, molipdenit.	Biotit, sfalerit, quặng đồng xám, chancopirit, pirit, fluorin
	Bismutin, vonfra-mit, caxiterit	Thạch anh, topa, biotit, vonframit, bismutin	Caxiterit, tuamalin.
	Manhetit - hematit	Diopxit, canxit, granat, manhetit	Clorit, secpentin, apatit, actinolit, epidot, tan, hematit, pirit.
Nhiệt độ trung bình	Sunfua – vàng	Thạch anh, anke- rit, tuamalin, do-lomit, pirit, tetra-edrit, vàng, acsen-pirit, pirotin, aikinit	Galen, sfalerit, chancopirit, sielit, actinolit, molipdenit, buocnonit.
	Galen - sfalerit	Galen, sfalerit, thạch anh, pirotin, pirit.	Chancopirit, acsenopirit, bulangierit, manhetit, caxiterit, acgentit, cubanit, tetraedrit.
	Siderit	siderit	Thạch anh, barit, hematit, aragonit, sunfua
	Crizotin, tan, ma-nhetit, atbet	Crizotin atbet, manhetit, tan, clorit, manhetit	Antigorit, aragonit, canxit, manhetit, dolomit, bruxit
	Fluorin	Fluorin, galenit, sfa-lerit, thạch anh, barit	Canxit, quặng đồng xám, canxedoan, opan, pirit, nakrit
	Chancopirit, chancopirit - mo-lipdenit, molipdenit	Thạch anh, xerixit, pirit, chancopirit, molipdenit	Bocnit, tenantit, acsenopirit, sfalerit, rutin, tuamalin, fluorin, manhetit, hupnerit
	Sunfua- caxiterit	Tuamalin, thạch anh, clorit, xerixit, alunit, canxedon, caxiterit, acsenpirit, pirotin, sfalerit, galen, sunfo-stanat.	Vonframit, chancopirit, stanin, buocnonit, piracgilit, bismutin, bismut tự nhiên, sunfoantimonua, sunfoacsenua, sunfobismutua, chì, bạc và đồng.
	Sunfua	Thạch anh, xerixit, pirit, sfalerit, chancopirit.	Canxit, barit, bocnit, quặng đồng xám, chancozin, galen.

Kiểu khoáng sàng	Thành hệ khoáng sàng	Thành phần khoáng vật	
Nhiệt độ trung bình	Các khoáng vật chứa uran	Thạch anh, dolomit, clorit, nhựa uran, smantin, cloantit, cobantin, chancopirit.	Rodocrozit, barit, galen, sfalerit, bạc và bismut tự nhiên, pirit, hematit, manhetit, acsenopirit, nikelin, molipdenit, acgentit, uraninit, tetraedrit.
	Smantin, cloantit, acgentit	Canxit, dolomit, thạch anh, smantin, cloantit, cobantin, nikelin, bạc tự nhiên, acgentit.	Lơlingit, sfalerit, acsenopirit, glocodit, bismut tự nhiên.
	Bocnit-chancopirit (cát kết chứa đồng)	Canxit, thạch anh, chancopirit, bocnit, chancozin.	Barit, pirit, quặng đồng xám, sfalerit, galen.
	Antimonit - thần sa	Thạch anh, canxit, barit, kaolin, ankerit, fluorin, thần sa, antimonit.	Pirit, acsenopirit, macazit, tetraedrit, chancopirit, reanga, ocpimen, sfalerit.
Nhiệt độ thấp	Antimonit-thần sa reanga - sielit	Antimonit, thần sa, reanga, ocpimen, canxedon, xedon	Fecberit, sielit, telurua Au và Ag.
	Vàng, bạc	Thạch anh, canxedon, canxit, pirit, vàng tự nhiên, piracgirit, chancopirit, acgentit.	Acsenopirit, sfalerit, galen, antimonit.
	Đồng tự nhiên	Đồng tự nhiên, thạch anh, canxit, zeolit, canxedon.	Epidot, datolit, ananxim, clorit, hematit, opan.
	Spat băng đảo	Spat băng đảo, canxedon, opan.	Zeolit, thạch anh, pirit.
	Alunit	Alunit, thạch anh.	Hematit, dickit, hidracgilit.
	Barit	Barit.	Các khoáng vật sunfua khác.

14.2 TỔ HỢP CỘNG SINH KHOÁNG VẬT TRONG ĐÁ VÀ KHOÁNG SÀNG CÓ NGUỒN GỐC NGOẠI SINH

1- Khoáng vật của vỏ phong hóa

Những tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong vỏ phong hoá được xác định bởi thành phần khoáng vật ban đầu của các đá hoặc quặng. Trong mỗi loại đá và mỗi kiểu khoáng sàng cho một tổ hợp khoáng vật đặc trưng trong vỏ phong hoá.

Trong các đá

Đá siêu bazơ: thạch anh, canxedon, opan, oxit sắt và hiđroxit sắt, canxit, aragonit, đolomit, manhezit, nontronit và gacnierit.

Đá bazan: monmorilonit, nontronit, hiroxit và oxi sắt, thạch anh, canxeđon, opan, canxit, clorit.

Đá điorit: kaolin, hiđroxit Fe, oxit Fe, hiđromica, hiđroclorit.

Đá granit: kaolin, hiđromica, hiđroxit Fe, oxit Fe, hiđracgilit.

Đá sienit nefelin: hiđromica, monmorilonit, hiđroxit Fe, oxit Fe,

Đá vôi và đá macnơ: canxit, hidroxit Fe, oxit Fe, siđerit, opan canxeđon.

Cát kết, sét kết: kaolin, gloconit, fotforit, vivianit.

Trong các khoáng sàng

Những khoáng sàng của vỏ phong hóa có thể là khoáng sàng tàn dư, khoáng sàng thấm lọc và đới làm giầu sunfua thứ sinh.

Trong các khoáng sàng tàn dư có các thành hệ sau:

Thành hệ laterit: kaolin, gipxit.

Thành hệ silicat niken: thạch anh, canxeđon, quặng sắt nâu, hiđro silicat, magie chứa niken, đolomit, manhezit, atbet crizotin, tan, pizoluzit, vecnađit.

Thành hệ oxit và hidroxit mangan: psilomelan, piroluzit, vecnadit.

Thành hệ khoáng vật sét: kaolin, thạch anh.

Thành hệ mũ thạch cao: thạch cao, anhiđrit, asarit, colemanit, lưu hoàng tự nhiên, galen, sfalerit.

Thành hệ mũ sắt: Rất quan trọng, xuất hiện do sự oxi hóa các khoáng sàng sufua; tùy thuộc vào các khoáng sàng nguyên sinh mà có các tổ hợp cộng sinh khác nhau.

Khoáng sàng đồng: động tự nhiên, cuprit, malachit, arurit, crizocon, chancozin, covelin.

Khoáng sàng kẽm: smixonit, calamin

Khoáng sàng bạc: bạc tự nhiên, keracgirit.

Khoáng sàng chì: xeruxit, anglezit, piromocfit, vunfenit, crocoit.

Khoáng sàng molipđen: povelit, molipđenit, vunfenit.

Trong các thành hệ của khoáng sàng thấm lọc: đới làm giàu sunfua thứ sinh quan trọng hơn cả. Thành phần khoáng vật phụ thuộc vào kiểu khoáng sàng nguyên thủy.

Khoáng sàng đa kim: chancozin, acgentit, vàng bạc, đồng tự sinh. Các khoáng vật phụ: covelin, macazit, lưu hoàng tự nhiên, Bi tự nhiên.

Khoáng sàng đồng xâm tán: chancozin, covelin, bocnit. Các khoáng vật phụ: đồng tự nhiên, crizocon, cuprit.

2- Khoáng vật của các khoáng sàng trầm tích

Trầm tích cơ học: Tạo thành những khoáng sàng sa khoáng. Bảng 14.7 giới thiệu thành phần khoáng vật của các khoáng sàng này và nêu lên những đá ban đầu.

***Bảng 14.7** Thành phần khoáng vật của khoáng chất sàng sa khoáng*

Các đá ban đầu cho sản phẩm sa khoáng	Thành hệ	Khoáng vật
Bazơ và siêu bazơ	1. Kim cương 2. Bạch kim và các khoáng vật nhóm bạch kim	Kim cương, inmenit, corindon, manhetit, olivin, secpentin, osmi-iridi, paladi tự nhiên, pleonat, cromit, piroxen, bạch kim tự nhiên.
Kiềm	Ziacon Rutin	Apatit, granat, manhetit, peropskit, rutin, ziacon, ơdialit
Trung tính và axit	1. Vàng tự nhiên 2. Monazit 3. Tantanlit - columbit 4. Inmenit, rutin 5. Caxiterit, vonframit	Anataz apatit, vonframit, hematit, vàng tự nhiên, granat, inmenit, caxiterit, thạch anh, disten, xenotim, lepidolit, manhetit, molipdenit, monazit, octit, rutin, silimanit, storolit, sfen, sfalerit, topa, tuamalin, fluorin, ziacon, sielit

Trầm tích hóa học: Do sự lắng đọng của các vật chất bị hoà tan trong nước, biển, hồ, sông. Chúng là những trầm tích muối, quặng mangan trầm tích, bauxit và quặng trầm tích của các kim loại màu.

Bảng 14.8 giới thiệu thành phần khoáng vật của trầm tích hóa học.

Trầm tích sinh hóa: Những trầm tích do hoạt động của sinh vật, chủ yếu là các thành hệ fotforit, lưu hoàng tự nhiên.

Thành hệ fotforit có apatit cộng sinh với canxi, thạch anh, gloconit và các mảnh trai ốc.

Thành hệ lưu hoàng tự nhiên cộng sinh với canxit, barit, xelestin và các khoáng vật sét.

***Bảng 14.8** Thành phần khoáng vật của các khoáng sàng trầm tích hóa học*

Thành hệ	Thành phần khoáng vật	
	Chính	Phụ
Halogenua	Thạch cao, anhidrit, halit, sinvin, cacnalit, polihalit, tenacdit, mirabilit	Soda, canxit, aragonit, dolomit, siderit, colemanit, boraxit, boronatro canxit, hidroboraxit, pandecmit
Quặng sắt	Hidrogơtit, samozit, gloconit, gơtit, siderit	Pirit, vivianit, pirotin, barit, canxit, aragonit, thạch cao, rodocrozit, hematit
Quặng mangan	Psilomelan, piroluzit, manganit, manganocanxit, rodocrozit, hidrogơtit	Opan, canxit, thạch cao, barit, macazit, gloconit, hidromica
Bauxit	Diaspo, bơmit, hidracgilit	Samozit, quặng sắt nâu, kaolin, pirit
Các kim loại màu	Sfalerit, galen, xerurut, smitxonit, calamin, chancozin, chancopirit, bocnit, canxit	Pirit, macazit, bạc tự nhiên, quặng đồng xám, acgentit

14.3 TỔ HỢP CỘNG SINH KHOÁNG VẬT TRONG ĐÁ VÀ KHOÁNG SÀNG BIẾN CHẤT

Các khoáng vật hình thành trong quá trình nội sinh và ngoại sinh trong những điều kiện nhiệt động học trong đới biến chất bị thay đổi thành phần, kiến trúc, cấu tạo gọi là quá trình biến chất.

Nhân tố gây ra tác dụng biến chất chủ yếu là nhiệt độ, áp suất và các dung dịch lỗ hổng.

Nhiệt độ có tác dụng trực tiếp đến tốc độ phản ứng hóa học và tính hoạt động của các dung dịch lỗ hổng trong đá và quặng, nhiệt độ cũng là nhân tố quyết định tính ổn định của khoáng vật. Nhiệt độ tăng lên khi xuống sâu và khi có các hoạt động xâm nhập.

Áp suất gồm có: áp suất tĩnh, tăng lên khi xuống sâu và áp suất định hướng gây tác dụng chủ yếu trong các đới nông.

Tác dụng của dung dịch lỗ hổng đối với sự biến chất các đá có tầm quan trọng rất lớn bởi vì biến đổi của đá và quặng là dựa vào sự thẩm thấu của các dung dịch này qua các lỗ hổng.

Năm 1911, V. M. Gonsmit đã áp dụng quy luật tướng cho các quá trình biến chất. Ông cho rằng trong quá trình biến chất, bậc tự do F là nhiệt độ và áp suất, do đó F = 2. Thay F vào công thức P = F + 2 – F (trong đó P là số tướng, tức là số khoáng vật độc lập; K là số thành phần) thì P = K. Đó là quy luật tướng khoáng vật học. "*Trong bất kỳ điều kiện nhiệt độ và áp suất nào, số khoáng vật rắn vững bền cực đại cũng bằng số thành phần tạo nên các khoáng vật này*". Ví dụ trong hệ thống SiO_2 – Al_2O_3 chỉ có thể tồn tại hai loại khoáng vật cộng sinh - thạch anh và disten. Trong hệ thống MgO – Al_2O_3 – SiO_2 chỉ có thể thấy corindon, spinen, cocdierit. Quy luật này được D. C. Cocginxki bổ sung và giải thích được nhiều vấn đề ngoại lệ.

Việc vận dụng quy luật tướng để giải thích các tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong nguồn gốc biến chất có một ý nghĩa thực tiễn rất lớn.

1- Tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong tác dụng biến chất khu vực

Đá xuất hiện trong biến chất khu vực là gơnai, đá phiến kết tinh, đá hoa và quắczit,... Nhiệt độ biến chất quyết định tổ hợp cộng sinh khoáng vật của chúng. Thành phần khoáng vật của gơnai và đá phiến kết tinh tùy theo trình độ biến chất mà thay đổi (bảng 14.9A).

Bảng 14.9 *Thành phần khoáng vật của đá biến chất*

A- Biến chất khu vực

Đá	Thành phần khoáng vật		
	Nhiệt độ cao	**Nhiệt độ trung bình**	**Nhiệt độ thấp**
Gơnai	Silimanit, cocdierit, granat, biotit,octocla ogit, hocblen, olivin.	Disten, storolit, granat, muscovit, biotit, octocla,hocblen, nefrit, actinolit.	Xerixit, anbit, sto- Rolit, granat, octo- cla, epidot, clorit, tan, secpentin.
Diệp thạch kết tinh	Ogit, granat, vezuvian, scapolit, canxit, dolomit, plagiocla, jadeit.	Muscovit, biotit, flogopit, paragonit, disten, storolit, granat, canxit, dolomit, zoizit, amfibon, scapolit, plagiocla, antofilit	Xerixit, disten, storolit, granat, cloritoit, epidot, canxit, dolomit, anbit, clorit, glogofan, octit.

B- Biến chất tiếp xúc trao đổi

Đá	Tên thành hệ	Thành phần khoáng vật chính	Thành phần khoáng vật phụ
Skacnơ	Manhetit	Granat, piroxen, manhetit.	Amfibon, clorit, canxit, epidot, fluorin, thạch anh, vezuvian, hematit, pirit, chancopirit, sfalerit cobantin.
	Sielit	Granat, sielit, piroxen.	Vezuvian, volastonit, thạch anh, flogopit, fluorin, mopipdenit, bis- mutin, pirit, acsenopirit, pirotin, chancopirit, caxiterit, manhetit.
	Chancopirit	Granat, piroxen, pirit, chancopirit.	Vezuvian, epidot, amfibon, manhe tit, pirotin, hematit, sfalerit, galen, môlipđenit, côbantin.
	Galen-sfalerit	Hedenbecgit, canxit, thạch anh, sfalerit, galen.	Granat, fluorin, siderit, epidot, pi- rotin, chancopirit, acsenopirit, pi- rit, manhetit, tetraedrit, bismutin.

Dưới đây chúng ta lấy ví dụ tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong đá phiến kết tinh và giải thích chúng bằng qui luật tướng khoáng vật (H.14.2).

Các thành phần tạo nên các khoáng vật trong đá phiến kết tinh có bốn loại là Al_2O_3, MgO, FeO và SiO_2. Đem ba thành phần đầu đặt vào sơ đồ tướng, còn SiO_2 được xem như thành phần quá dư và đặt ở ngoài sơ đồ.

Theo qui luật tướng, sẽ xuất hiện các đới khoáng vật biến chất sau:

Đới cocđierit - thạch anh -silimanit

Đới cocđierit - thạch anh - hipecten

Đới cocđierit - thạch anh - silimanit - anmanđin

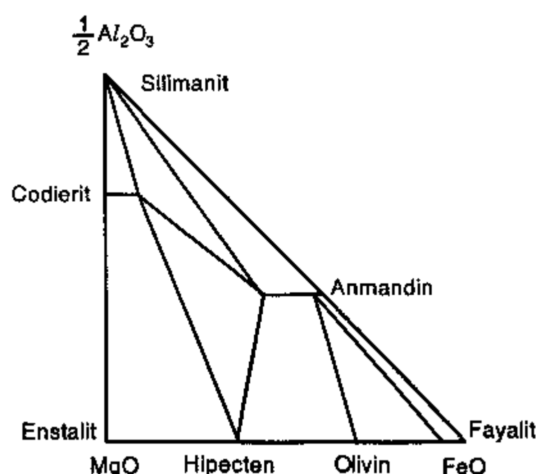
Đới cocđierit - anmanđin - hipecten

Đới silimanit - thạch anh - anmanđin

Đới anmanđin - thạch anh - hipecten

Đới anmanđin - hipecten - olivin

Đới anmanđin - fayalit



***Hình 14.2** Sơ đồ cộng sinh khoáng vật trong đá phiến kết tinh (theo D.S. Cocjinxki)*

Nhìn vào sơ đồ hipecten và anmanđin không thể cộng sinh với nhau, silimanit và fayalit không thể cộng sinh với nhau,... Tính chất hạn chế đó là do qui luật tướng khoáng vật, tính vững bền của khoáng vật quyết định.

2- Tổ hợp cộng sinh khoáng vật trong biến chất trao đổi

Tác dụng biến chất trao đổi mạnh nhất biểu hiện ở đới tiếp xúc giữa đá macma axit và đá cacbonat vây quanh. Khác với quá trình biến chất nhiệt là ở giai đoạn đầu xẩy ra hiện tượng trao đổi với đá vây quanh của thành phần chất bốc ở dạng khí hình thành một loạt silicat của Ca, Mg, Fe (*skacnơ hóa*) (bảng 14.9B). Về sau xẩy ra tác dụng biến chất nhiệt dịch, hình thành các khoáng vật nhiệt dịch. Đôi lúc kết tinh một loạt sunfua kim loại.

Trong giai đoạn skacnơ hóa có tổ hợp cộng sinh của granat, piroxen, amfibon, clorit,... Đôi khi cũng hình thành một số khoáng sàng có giá trị công nghiệp như sielit, manhetit, v.v...

Mỗi loại đá và quặng có nguồn gốc khác nhau có những tổ hợp cộng sinh xác định khác nhau. Nhận xét và so sánh các tổ hợp cộng sinh đó, chúng ta có thể đưa ra những kết luận chung về sự di chuyển các nguyên tố hóa học trong vỏ Trái Đất.

1- Trong thời kỳ macma sớm tất cả các nguyên tố hóa học phân phối đều trong cả khối macma nói chung (kể cả các nguyên tố tạo đá và nguyên tố tạo quặng).

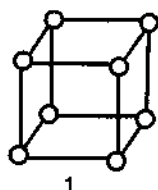
Trong giai đoạn phân dị kết tinh của macma ta thấy các nguyên tố tạo quặng (Pt, Cu, Fe, Au, Ag, Zn, Pb, Bi, ...) có khuynh hướng tập trung lại thành khoáng sàng quặng. Trái lại các nguyên tố tạo đá vẫn được phân phối tương đối đều trong đá.

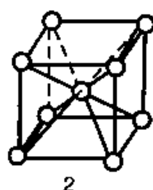
2- Trong các quá trình ngoại sinh thì ngược lại, các nguyên tố tạo quặng phần lớn bị phân tán trong đá trầm tích (trừ Fe, Mn, vừa là nguyên tố tạo đá vừa là nguyên tố tạo quặng), còn các nguyên tố tạo đá (Na, K, Mg, Ca,...) có khuynh hướng tập trung lại tạo thành những khoáng sàng phi kim (đá vôi, thạch cao, fotfat).

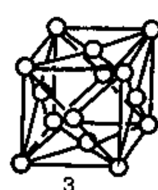
3- Trong quá trình biến chất khu vực, về căn bản không phát sinh một sự tập trung đáng kể nào của nguyên tố hóa học. Chủ yếu chỉ có sự biến đổi các khoáng vật đã thành tạo trong các quá trình nội và ngoại sinh.

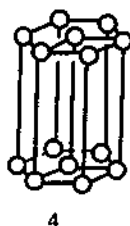
PHẦN PHỤ LỤC

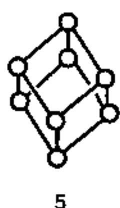
PHỤ LỤC 1: 14 Ô MẠNG CƠ SỞ CỦA BRAVE (1850)

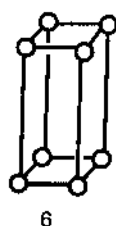

1


2

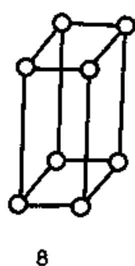

3

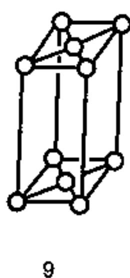

4

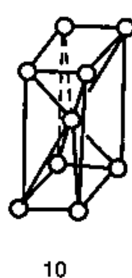

5

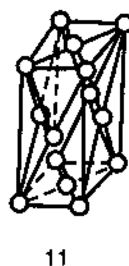

6

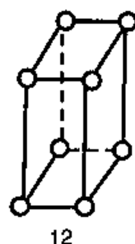

7

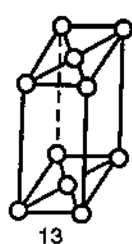

8

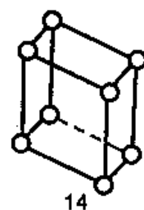

9


10


11


12


13


14

1- Lập phương nguyên thủy *Pm*3m; 2- Lập phương tâm khối *Im*3*m*; 3- Lập phương tâm mặt *Fm*3*m*

4- Sáu phương *P6/mmm*; 5- Thoi *R*3*m*; 6- Bốn phương nguyên thủy *P4/mmm*

7- Bốn phương tâm khối *I4/mmm*; 8- Thoi nguyên thủy *Pmmm*; 9- Thoi tâm đáy *Cmmm*

10- Thoi tâm khối *Immm*; 11- Thoi tâm mặt *Fmmm*; 12- Một xiên nguyên thủy *P2/m*

13- Một xiên tâm đáy *C2/m*; 14- Ba xiên nguyên thủy *P*1.

PHỤ LỤC 2: 32 DẠNG ĐỐI XỨNG CỦA TINH THỂ

Tinh hệ	Dạng đối xứng	I	E	Z	P	L - S
Lập phương	O_h - m3m Bát diện sáu 3■ 4 ▲ 6⬮ 3+6m ○	i	–	–	–	O_h
	T_d – $\bar{4}3m$ Tứ diện sáu 3 ▣ 4▲ p 6m	–	–	–	*	
	O – 432 Bát diện ba 3■ 4 ▲ 6⬮	–	*	*	–	
	T_h – m3 Hai mươi bốn mặt 3⬮ 4 ▲ 3m ○	i	–	–	–	T_h
	T - 23 Tứ diện ba 3⬮ 4▲ p	–	*	*	*	
Sáu phương	D_{6h} – 6/mmm Tháp đôi sáu phương kép 1 ⬢ 3+3⬮ 1+3+3m ○	i	–	–	–	$6D_h$
	D_{3h} – $6\bar{2}m$ Tháp đôi ba phương kép 1 ▲ 3⬮ p 1+3m	–	–	–	*	
	C_{6v} – 6m Tháp sáu ba phương kép 1⬢ p 3+3m	–	–	–	*	
	D_6 – 622 Mặt thang sáu phương 1⬢ 3+3⬮	–	*	*	*	
	D_{6h} – 6/m Tháp đôi sáu phương 1 ⬢ 1m ○	i	–	–	–	C_{6h}
	C_{3h} – $\bar{6}$ Tháp đôi ba phương 1 ▲ 1m	–	–	–	*	
	C_6 – 6 Tháp sáu phương 1⬢ p	–	*	*	*	

Phụ lục 2 (tiếp theo)

Tinh hệ	Dạng đối xứng	I E Z P	L - S
Ba phương	D_{3d} – $\bar{3}$m Tam giác lệch ba phương kép 1 ▲ 3▮ 3m o	i – – –	D_{3d}
	C_{3v} – 3m Tháp ba phương 1▲ p 3m	– – – *	
	D_3 - 32 Mặt thang ba phương 1▲ 3▮ p	– * * *	
	C_{3i} - $\bar{3}$ Mặt thoi 1 ▲ o	i – – –	C_{3i}
	C_3 - 3 Tháp ba phương 1 ▲ p	– * * *	
Bốn phương	D_{4h} - 4/mmm Tháp đôi bốn phương 1■ 2+2▮ 1+2+2m	i – – –	D_{4h}
	D_{2d} - 42m Tam giác lệch bốn phương 1⧄ 2▮ 2m	– – x *	
	C_{4v} - 4mm Tháp bốn phương 1■ p 2+2m	– – – *	
	D_4 – 422 Mặt thang bốn phương 1■ 2+2▮	– * * *	
	C_{4h} - 4/m Tháp đôi bốn phương 1■ 1m o	i – – –	C_{4h}
	S_4 - $\bar{4}$ Tứ diện bốn phương 1⧄	– – – *	
	C_4 - 4 Tháp bốn phương 1■ p	– * * *	

Phụ lục 2 (tiếp theo)

Tinh hệ	Dạng đối xứng	I	E	Z	P	L - S
Thoi	D_2h - mm Tháp đôi thoi 1+1+1● 1+1+1m o	i	–	–	–	D_{2h}
	C_2v - mm2 Tháp thoi 1●p 1+1m	–	–	x	*	
	D_2 - 222 Tứ diện thoi 1+1+1●	–	*	*	*	
Một xiên	C_2v - 2/m Lăng trụ 1● 1m o	i	–	–	–	D_{2h}
	C_s - m Nhị diện không trục - 1m	–	–	x	*	
	C_s - 2 Nhị diện có trục 1● F	–	*	*	*	
Ba xiên	C_i - $\bar{1}$ Song diện o	i	–	–	–	
	C_i - 1 Một mặt –	–	*	*	*	C_i

● Trục bậc 2
▲ Trục bậc 3
■ Trục bậc 4
⬢ Trục bậc 6
◘ Trục nghịch đảo bậc 4
o i Tâm nghịch đảo
— *m* Mặt phẳng gương

E – Đối hình
Z – Phân cực vòng
(* loại 1, × loại 2)
P – Áp điện
L – S Đối xứng theo Laue

PHỤ LỤC 3: 230 NHÓM KHÔNG GIAN

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác	Ký hiệu theo Mogan
O_h^1 – Pm3m		$P4/m\bar{3}2/m$
O_h^2 – Pn3n		$P4/n\bar{3}2/n$
O_h^3 – Pm3n		$P4_2/m\bar{3}2/m$
O_h^4 – Pn3m		$P4_2/n\bar{3}2/n$
O_h^5 – Fm3m		$F4/m\bar{3}2/m$
O_h^6 – Fm3c	—	$F4/m\bar{3}2/c$
O_h^7 – Fd3m		$F4_1/d\bar{3}2/m$
O_h^8 – Fd3c		$F4_1/d\bar{3}2/m$
O_h^9 – Im3m		$I4/m\bar{3}2/m$
O_h^{10} – Ia3d		$I4_1/a\bar{3}2/d$
T_d^1 – $P\bar{4}3m$		$P\bar{4}3m$
T_d^2 – $F\bar{4}3m$		$F\bar{4}3m$
T_d^3 – $I\bar{4}3m$	—	$I\bar{4}3m$
T_d^4 – $P\bar{4}3n$		$P\bar{4}3n$
T_d^5 – $F\bar{4}3c$		$F\bar{4}3d$
T_d^6 – $I\bar{4}3d$		$I\bar{4}3d$
O^1 – P432		P432
O^2 – $P4_232$		$P4_232$
O^3 – F432		F432
O^4 – $F4_132$		$F4_132$
O^5 – I432		I432
O^6 – $P4_332$		$P4_332$
O^7 – $P4_132$		$P4_132$
O^8 – $I4_132$		$I4_132$
T_h^1 – Pm3		$P2/m\bar{3}$
T_h^2 – Pn3		$P2/n\bar{3}$
T_h^3 – Fm3	—	$F2/m\bar{3}$
T_h^4 – Fd3		$F2/d\bar{3}$
T_h^5 – Im3		$I2/m\bar{3}$
T_h^6 – Pa3		$P2_1/a\bar{3}$
T_h^7 – Ia3		$I2/a\bar{3}$

Phụ lục 3 (tiếp theo)

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác	Ký hiệu theo Mogan
T^1 — P23		P23
T^2 — F23		F23
T^3 — I23	—	I23
T^4 — $P2_13$		$P2_13$
T^5 — $I2_13$		$I2_13$
Sáu phương		
D_{6h}^{1} — P6/mmm		P6/m 2/m 2/m
D_{6h}^{2} — P6/mcc		P6/m 2/c 2/m
D_{6h}^{3} — $P6_3$/mcm	—	$P6_3$/m 2/c 2/m
D_{6h}^{4} — $P6_3$/mmc		$P6_3$/m 2/m 2/c
D_{6}^{1} — P622		P622
D_{6}^{2} — $P6_122$		$P6_122$
D_{6}^{3} — $P6_322$		$P6_522$
D_{6}^{4} — $P6_222$	—	$P6_222$
D_{6}^{5} — $P6_422$		$P6_422$
D_{6}^{6} — $P6_322$		$P6_322$
C_{6v}^{1} — P6mm		P6mm
C_{6v}^{2} — P6cc		P6cc
C_{6v}^{3} — $P6_3$cm	—	$P6_3$cm
C_{6v}^{4} — $P6_3$mc		$P6_3$mc
D_{3h}^{1} — P6m2		P6m2
D_{3h}^{2} — P6c2		P6c2
D_{3h}^{3} — P62m	—	$P6_2$m
D_{3h}^{4} — P62c		$P6_2$c
C_{6h}^{1} — P6/m		P6/m
C_{6h}^{2} — $P6_3$/m		$P6_3$/m
C_{6}^{1} — P6		P6
C_{6}^{2} — $P6_1$		$P6_1$
C_{6}^{3} — $P6_3$	—	$P6_5$
C_{6}^{4} — $P6_2$		$P6_2$

Phụ lục 3 (tiếp theo)

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác	Ký hiệu theo Mogan
C_6^5 — $P6_4$		$P6_4$
C_6^6 — $P6_6$		$P6_3$
C_{3h}^1 — P6	—	P6
Ba phương		
D_{3d}^1 — P31m		$P\bar{3}12/m$
D_{3d}^2 — P31c		$P\bar{3}$ 12/c
D_{3d}^3 — P3m1		$P\bar{3}$ 2/m1
D_{3d}^4 — P3c1	—	$P\bar{3}$ 2/c1
D_{3d}^5 — R3m		$R\bar{3}$ 2/m
D_{3d}^6 — R3c		$R\bar{3}$ 2/c
C_{3v}^1 — P3m1		P3m1
C_{3v}^2 — P31m		P31m
C_{3v}^3 — P3c1		P3c1
C_{3v}^4 — P31c	—	P31c
C_{3v}^5 — R3m		R3m
C_{3v}^6 — R3c		R3c
D_3^1 — P312		P321
D_3^2 — P321		P312
D_3^3 — $P3_112$		$P3_121$
D_3^4 — $P3_121$		$P3_112$
D_3^5 — $P3_212$	—	$P3_221$
D_3^6 — $P3_221$		$P3_212$
D_3^7 — R32		R32
C_{3i}^1 — $P\bar{3}$		$P\bar{3}$
C_{3i}^2 — $R\bar{3}$		$P3_1$
C_3^1 — P3	—	$P3_2$

Phụ lục 3 (tiếp theo)

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác (1935)	Ký hiệu theo Mogan
Bốn phương		
D_{4h}^{1} — P4/mmm	C4/mmm	P4/m 2/m 2/m
D_{4h}^{2} — P4/mcc	C4/mcc	P4/m 2/c 2/c
D_{4h}^{3} — P4/nbm	C4/amb	P4/n 2/b 2/m
D_{4h}^{4} — P4/nnc	C4/acn	P4/n 2/n 2/c
D_{4h}^{5} — P4/mbm	C4/mmb	P4/n 2_1/b 2/m
D_{4h}^{6} — P4/mnc	C4/mcn	P4/m 2_1/n 2/c
D_{4h}^{7} — P4/nmm	C4/amm	P4/n 2_1/m 2/m
D_{4h}^{8} — P4/ncc	C4/acc	P4/n 2_1/c 2/c
D_{4h}^{9} — $P4_2$/mmc	$C4_2$/mcm	$P4_2$/m 2/m 2/c
D_{4h}^{10} — $P4_2$/mcm	$C4_2$/mmc	$P4_2$/m 2/c 2/m
D_{4h}^{11} — $P4_2$/nbc	$C4_2$/acb	$P4_2$/n 2/b 2/c
D_{4h}^{12} — $P4_2$/nnm	$C4_2$amn	$P4_2$/n 2/n 2/m
D_{4h}^{13} — $P4_2$/mbc	$C4_2$/mcb	$P4_2$/m 2_1/b 2/c
D_{4h}^{14} — $P4_2$/mnm	$C4_2$/mmn	$P4_2$/m 2_1/n 2/m
D_{4h}^{15} — $P4_2$nmc	$C4_2$/acm	$P4_2$/n 2_1/m 2/c
D_{4h}^{16} — $P4_2$ncm	$C4_2$amc	$P4_2$/n 2_1/c 2/m
D_{4h}^{17} — I4/mmm	F4/mmm	I4/m 2/m 2/m
D_{4h}^{18} — I4/mcm	F4/mmc	I4/m 2/c 2/m
D_{4h}^{19} — $I4_1$/amd	$F4_1$/ddm	$I4_1$/a 2/m 2/d
D_{4h}^{20} — $I4_1$/acd	$F4_1$/ddc	$I4_1$/a 2/c 2/d
D_{4}^{1} — P422	C422	P422
D_{4}^{2} — $P42_12$	$C422_1$	$P42_12$
D_{4}^{3} — $P4_122$	$C4_122$	$P4_122$
D_{4}^{4} — $P4_12_12$	$C4_122_1$	$P4_12_12$
D_{4}^{5} — $P4_222$	$C4_222$	$P4_222$
D_{4}^{6} — $P4_22_12$	$C4_222_1$	$P4_22_12$
D_{4}^{7} — $P4_322$	$C4_322$	$P4_322$
D_{4}^{8} — $P4_32_12$	$C4_322_1$	$P4_32_12$
D_{4}^{9} — I422	F422	I422
D_{4}^{10} — $I4_122$	$F4_122$	$I4_122$

Phụ lục 3 (tiếp theo)

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác	Ký hiệu theo Mogan
Bốn phương	**(1935)**	
C_{4h}^{4} — $P4_2/n$	$C4_2/a$	$P4_2/n$
C_{4h}^{5} — I4/m	F4/m	I4/m
C_{4h}^{6} — $I4_1/a$	$F4_1/d$	$I4_1/a$
C_{4}^{1} — P4	C4	P4
C_{4}^{2} — $P4_1$	$C4_1$	P4
C_{4}^{3} — $P4_2$	$C4_2$	$P4_2$
C_{4}^{4} — $P4_3$	$C4_3$	$P4_3$
C_{4}^{5} — I4	F4	I4
C_{4}^{6} — $I4_1$	$F4_1$	$I4_1$
S_{4}^{1} — P4	C4	P4
S_{4}^{2} — I4	F4	I4
Hệ thoi	(1952)	
D_{2h}^{1} — Pmmm	—	P2/m 2/m 2/m
D_{2h}^{2} — Pnnn	—	P2/n 2/n 2/n
D_{2h}^{3} — Pccm	Pmaa, Pbmb	P2/c 2/c 2/m
D_{2h}^{4} — Pban	Pncb, Pcna	P2/b 2/a 2/n
D_{2h}^{5} — Pmma	Pbmm, Pmcm, Pmam, Pmmb, Pcmm	$P2_1/m$ 2/m 2/a
D_{2h}^{6} — Pnna	Pbnn, Pncn, Pnan, Pnnb, Pcnn	P2/n $2_1/n$ 2/a
D_{2h}^{7} — Pmna	Pbmn, Pncm, Pman, Pnmb, Pnmb, Pcnm	P2/m 2/n $2_1/a$
D_{2h}^{8} — Pcca	Pbaa, Pbcb, Pbab, Pccb, Pcaa	$P2_1/c$ 2/c 2/a
D_{2h}^{9} — Pbam	Pmcb, Pcma	$P2_1/b$ $2_1/a$ 2/m
D_{2h}^{10} — Pccn	Pnaa, Pbnb	$P2_1/c$ $2_1/c$ 2/n
D_{2h}^{11} — Pbcm	Pmca, Pbma, Pcmb, Pcam, Pmab	P2/b $2_1/c$ $2_1/m$
D_{2h}^{12} — Pnnm	Pmnn, Pnmn	P21/n 21/n 2/m
D_{2h}^{13} — Pmmn	Pnmm, Pmnm	P21/m 21/m 2/n
D_{2h}^{14} — Pbcn	Pnca, Pbna, Pcnb, Pcan, Pnab	P21/b 2/c 21/n
D_{2h}^{15} — Pbca	Pcab	P21/b 21/c 21/a
D_{2h}^{16} — Pnma	Pbnm, Pmnc, Pnam, Pmnb, Pcmn	P21/n 21/m 21/a
D_{2h}^{17} — Cmcm	Amma, Bbmm, Bmmb, Ccmm, Amam	C2/m 2/c 21/m

Phụ lục 3 (tiếp theo)

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác (1952)	Ký hiệu theo Mogan
Hệ thoi		
D_{2h}^{18} — Cmca	Abma, Bbcm, Bmab, Ccmb, Acam	C2/m 2/c 2_1/a
D_{2h}^{19} — Cmmm	Ammm, Bmmm	C2/m 2/m 2/m
D_{2h}^{20} — Cccm	Amaa, Bbmb	C2/c 2/c 2/m
D_{2h}^{21} — Cmma	Abmm, Bmcm, Bmam, Cmmb, Acmm	C2/m 2/m 2/a
D_{2h}^{22} — Ccca	Abaa, Bbcb, Bbab, Cccb, Acaa	C2/c 2/c 2/a
D_{2h}^{23} — Fmmm	—	F2/m 2/m 2/m
D_{2h}^{24} — Fddd	—	F2/d 2/d 2/d
D_{2h}^{25} — Immm	—	I2/m 2/m 2/m
D_{2h}^{26} — Ibam	Imcb, Icma	I2/b 2/a 2/m
D_{2h}^{27} — Ibca	Icab	I2/b 2/c 2/a
D_{2h}^{28} — Imma	Ibmm, Imcm, Imam, Immb, Icmm	I2/m 2/m 2/a
D_2^1 — P222	—	P222
D_2^2 — P222$_1$	P2$_1$22, P22$_1$2	P222$_1$
D_2^3 — P2$_1$2$_1$2	P22$_1$2$_1$, P2$_1$22$_1$	P2$_1$2$_1$2
D_2^4 — P2$_1$2$_1$2$_1$	—	P2$_1$2$_1$2$_1$
D_2^5 — C222$_1$	A2$_1$22, B22$_1$2	C222$_1$
D_2^6 — C222	A222, B222	C222
D_2^7 — F222	—	F222
D_2^8 — I222	—	I222
D_2^9 — I2$_1$2$_1$2$_1$	—	I2$_1$2$_1$2$_1$
C_{2v}^1 — Pmm2	P2mm, Pm2m	Pmm2
C_{2v}^2 — Pmc2$_1$	P2$_1$ma, Pb2$_1$m, Pm2$_1$b, Pcm2$_1$, P2$_1$am	Pmc2$_1$
C_{2v}^3 — Pcc2	P2aa, Pb2b	Pcc2
C_{2v}^4 — Pma2	P2mb, Pc2m, Pm2a, Pbm2, P2cm	Pma2
C_{2v}^5 — Pca2$_1$	P2$_1$ab, Pc2$_1$b, Pb2$_1$a, Pbc2$_1$, P2$_1$ca	Pca2$_1$
C_{2v}^6 — Pnc2	P2na, Pb2n, Pn2b, Pcn2, P2an	Pcn2
C_{2v}^7 — Pmn2$_1$	P2$_1$mn, Pn2$_1$m, Pm2$_1$n, Pnm2$_1$, P2$_1$nm	Pmn2$_1$
C_{2v}^8 — Pba2	P2cb, Pc2a	Pba2
C_{2v}^9 — Pna2$_1$	P2$_1$nb, Pc2$_{1n}$, Pn2$_1$a, Pbn2$_1$, P2$_1$cn	Pna2$_1$
C_{2v}^{10} — Pnn2	P2nn, Pn2n	Pnn2
C_{2v}^{11} — Cmm2	A2mm, Bm2m	Cmm2

Phụ lục 3 (tiếp theo)

Ký hiệu theo Sonflis và quốc tế (1952)	Ký hiệu quốc tế đối với những định hướng khác	Ký hiệu theo Mogan
Hệ thoi	(1952)	
C_{2v}^{12} — $Cmc2_1$	$A2_1ma$, $Bb2_1m$, $Bm2_1b$, $Ccm2_1$, $A2_1am$	$Cmc2_1$
C_{2v}^{13} — Ccc2	A2aa, Bb2b	Ccc2
C_{2v}^{14} — Amm2	B2mm, Cm2m, Am2m, Bmm2, C2mm	Amm2
C_{2v}^{15} — Abm2	B2cm, Cm2a, Ac2m, Bma2, C2mb	Abm2
C_{2v}^{16} — Ama2	B2mb, Cc2m, Am2a, Bbm2, C2cm	Ama2
C_{2v}^{17} — Aba2	B2cb, Cc2a, Ac2a, Bba2, C2cb	Aba2
C_{2v}^{18} — Fmm2	F2mm, Fm2m	Fmm2
C_{2v}^{19} — Fdd2	F2dd, Fd2d	Fdd2
C_{2v}^{20} — Imm2	I2mm, Im2m	Imm2
C_{2v}^{21} — Iba2	I2cb, Ic2a	Iba2
C_{2v}^{22} — Ima2	I2mb, Ic2m, Im2a, Ibm2, I2cm	Ima2
Hệ một xiên	(1935)	
C_{2h}^{1} — P2/m	B2/m	P2/m
C_{2h}^{2} — $P2_1/m$	$B2_1/m$	$P2_1/m$
C_{2h}^{3} — C2/m	A2/m,I2/m,F2/m	C2/m
C_{2h}^{4} — P2/c	P2/a,P2/n,B2/d	P2/c
C_{2h}^{5} — $P2_1/c$	$P2_1/a$,$P2_1/n$,$B2_1/d$	$P2_1/c$
C_{2h}^{6} — C2/c	A2/a,I2/a,F2/d	C2/c
C_{2}^{1} — P2	B2	P2
C_{2}^{2} — $P2_1$	$B2_1$	$P2_1$
C_{2}^{3} — C2	A2, I2, F2	C2
C_{s}^{1} — Pm	Bm	Pm
C_{s}^{2} — Pc	Pa, Pn, Bd	Pc
C_{s}^{3} — Cm	Am, Im, Fm	Cm
C_{s}^{4} — Cc	Aa, Ia, Fd	Cc
Hệ ba xiên		
C_{i}^{1} — P1	P1	P1
C_{i}^{2} — P1		

PHỤ LỤC 4: HỆ THỐNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ HÓA HỌC VỚI ĐẶC ĐIỂM HÓA TINH THỂ CỦA CHÚNG

Chú thích ô nguyên tố: Số thứ tự – KÝ HIỆU – Trọng lượng nguyên tử; Kiến trúc các lớp điện tử bên ngoài; Điện tích; Bán kính ion; Số phối trí; Số clac (g/T)

CHU KỲ	Ia	IIa	IIIa	IVa	Va	VIa	VIIa	VIII	VIII	VIII	Ib	IIb	IIIb	IVb	Vb	VIb	VIIb	O
1	1 H 1,00797																(H)	2 He 4,0026
2	3 Li 6,939	4 Be 9,0122	5 B 10,811	6 C 12,01115											7 N 14,0067	8 O 15,9994	9 F 18,9984	10 Ne 20,183
3	11 Na 22,9898	12 Mg 24,312	13 Al 26,9815	14 Si 28,086											15 P 30,9738	16 S 32,06	17 Cl 35,453	18 Ar 39,948
4	19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,90	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,9381	26 Fe 55,847	27 Co 58,9332	28 Ni 58,71	29 Cu 63,54	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,9216	34 Se 78,96	35 Br 79,909	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc 97,7	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,4	47 Ag 107,870	48 Cd 112,40	49 In 114,82	50 Sn 118,69	51 Sb 121,75	52 Te 127,60	53 I 126,9044	54 Xe 131,30
6	55 Cs 132,905	56 Ba 137,34	57 La* 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,85	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,09	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,59	82 Pb 207,19	83 Bi 208,980	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac** (227)															

* Họ Lantanoit

58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
140,12	140,907	144,2	(147)	150,35	151,96	157,25	158,924	162,50	164,930	167,26	168,934	173,04	174,97

** Họ Actinoit

90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Em	101 Md	102 No	103
232,038	(231)	238,0	(237)	(242)	(243)	(247)	(247)	(249)	(254)	(253)	(256)	(255)	

PHỤ LỤC 5: BẢNG TUẦN HOÀN CÁC NGUYÊN TỐ VỚI BÁN KÍNH NGUYÊN TỬ VÀ ION (Å)

Bán kính ion dương theo tài liệu của Arenc, 1952

	I	II	III	IV	V
1	**1** H 0,46				
2	**3** Li 1,52 Li^+ 0,68	**4** Be 1,12 Be^{2+} 0,35	**5** B 0,97 B^{3+} 0,23	**6** C 0,77 C^{4+} 0,16	**7** N 0,71 N^{3+} 0,16 N^{5+} 0,13
3	**11** Na 1,86 Na^+ 0,97	**12** Mg 1,60 Mg^{2+} 0,66	**13** Al 1,43 Al^{3+} 0,51	**14** Si^{4+} 1,98 Si 1,17 Si^{4+} 0,42	**15** P (1,10) P^{3+} 0,44 P^{5+} 0,35
4	**19** K 2,31 K^+ 1,33	**20** Ca 1,96 Ca^{2+} 0,99	**21** Sc 1,60 Sc^{3+} 0,81	**22** Ti 1,45 Ti^{3+} 0,76 Ti^{4+} 0,68	**23** V 1,30 V^{2+} 0,88 V^{3+} 0,74 V^{4+} 0,63 V^{5+} 0,59
	29 Cu 1,28 Cu^+ 0,96 Cu^{2+} 0,96	**30** Zn 1,33 Zn^{2+} 0,74	**31** Ga 1,22 Ga^{3+} 0,62	**32** Ge 1,22 Ge^{2+} 0,73 Ge^{4+} 0,53	**33** As 1,25 As^{3+} 0,58 As^{5+} 0,58
5	**37** Rb 2,43 Rb^+ 1,47	**38** Sr 2,15 Sr^{2+} 1,12	**39** Y 1,81 Y^{3+} 0,92	**40** Zr 1,56 Zr^{4+} 0,79	**41** Nb 1,43 Nb^{4+} 0,74 Nb^{5+} 0,69
	47 Ag 1,44 Ag^+ 1,26 Ag^{2+} 0,89	**48** Cd 1,49 Cd^{2+} 0,97	**49** In 1,62 In^{3+} 0,81	**50** Sn^{4-} 2,15 Sn 1,40 Sn^{2+} 0,93 Sn^{4+} 0,71	**51** Sb 1,45 Sb^{3+} 0,76 Sb^{5+} 0,62
6	**55** Cs 2,62 Cs^+ 1,67	**56** Ba 2,17 Ba^{2+} 1,34	**57** La 1,86 * La^{3+} 1,14	**72** Hf 1,56 Hf^{4+} 0,78	**73** Ta 1,43 Ta^{5+} 0,68
	79 Au 1,44 Au^+ 1,37 Au^{3+} 0,85	**80** Hg 1,50 Hg^{2+} 1,10	**81** Tl 1,70 Tl^+ 1,47 Tl^{3+} 0,95	**82** Pb 1,75 Pb^{2+} 1,20 Pb^{4+} 0,84	**83** Bi 1,55 Bi^{3+} 0,96 Bi^{5+} 0,74
7	**87** Fr — Fr^{4+} 1,80	**88** Ra — Ra^{2+} 1,43	** 89 Ac 1,88 Ac^{2+} 1,18	104 —	105 —

*Lantanoit: **58** Ce 1,82 Ce^{3+} 1,07 Ce^{4+} 0,94 **59** Pr 1,82 Pr^{3+} 1,06 Pr^{4+} 0,92 **60** Nd Tb^{4+} 0,81 **66** Dy^{3+} 0,92 **67** Ho^{3+} 0,91 **68** Er 1,86 Er^{3+} 0,89 **69** Tm^{3+} 0,87.

Actinoit: **90 Th 1,80 Th^{4+} 1,02 **91** Pa^{3+} 1,13 Pa^{4+} 0,98 Pa^{5+} 0,89 **92** U 1,38 **95** Am^{3+} 1,07 Am^{4+} 0,92.

Bán kính ion âm theo tài liệu của Goldsmith, 1962

VI	VII	a VIII b
		2 He 1,78
8 O^{2-} 1,32 O 0,60 O^{6+} 0,10	**9** F^{-} 1,33 F 0,71	**10** Ne 1,60
16 S^{2-} 1,74 S 1,04 S^{4+} 0,37 S^{6+} 0,30	**17** Cl^{-} 1,81 Cl 1,07 Cl^{3+} 0,34 Cl^{7+} 0,27	**18** Ar 1,91
24 Cr 1,25 Cr^{3+} 0,63 Cr^{6+} 0,52 **34** Se^{2-} 1,91 Se 1,16 Se^{4+} 0,50 Se^{6+} 0,42	**25** Mn 1,37 Mn^{2+} 0,80 Mn^{3+} 0,66 Mn^{4+} 0,60 Mn^{7+} 0,46 **35** Br^{-} 1,96 Br 1,19 Br^{5+} 0,47 Br^{7+} 0,39	**26** Fe 1,24; Fe^{2+} 0,74; Fe^{3+} 0,64 **27** Co^{+} 1,25; Co^{2+} 0,72; Co^{3+} 0,63 **28** Ni 1,24; Ni^{+} 1,24 **36** Kr 2,01
42 Mo 1,36 Mo^{4+} 0,70 Mo^{6+} 0,62 **52** Te^{2-} 2,11 Te 1,43 Te^{4+} 0,70 Te^{6+} 0,56	**43** Tc 1,35 Tc^{7+} 0,56 **53** I^{-} 2,20 I 1,36 I^{5+} 0,62 I^{7+} 0,50	**44** Ru 1,24; Ru^{2+} 0,74 **45** Rh 1,34; Rh^{2+} 0,68 **46** Pd 1,37; Pd^{2+} 0,80; Pd^{4+} 0,65 **54** Xe 2,20
74 W 1,36 W^{4+} 0,70 W^{6+} 0,62 **84** Po 1,67 Po^{6+} 0,67	**75** Re 1,37 Re^{4+} 0,72 Re^{7+} 0,56 **85** At — At^{7+} 0,62	**76** Os 1,35; Os^{6+} 0,69 **77** Ir 1,35; Ir^{2+} 0,68 **78** Pt 1,38; Pt^{2+} 0,80; Pt^{4+} 0,65 **86** Rn
106 —	107 —	108 — 109 — 110 —

1,8 Nd^{3+} 1,04 **61** Pm **62** Sm^{3+} 1,00 **63** Eu^{3+} 0,98 **64** Gd^{3+} 0,97 **65** Tb^{3+} 0,93 **70** Yb^{3+} 0,86 **71** Lu^{3+} 0,85
U^{4+} 0,97 U^{6+} 0,80 **93** Np^{3+} 1,10 Np^{4+} 0,95 Np^{7+} 0,71 **94** Pu^{3+} 1,08 Pu^{4+} 0,93

BẢNG TRA CỨU KHOÁNG VẬT

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Võ Văn Chi, *Từ điển Động vật và Khoáng vật làm thuốc ở Việt Nam*, Nhà xuất bản Y học, 1998.
2. Trịnh Hân và n.n.k, *Tinh thể học đại cương*, Nhà xuất bản đại học và trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 1979.
3. Hoàng Trọng Mai, *Khoáng vật học*, Nhà xuất bản đại học và Trung học chuyên nghiệp, Hà Nội, 1970.
4. Giang Chính Nhiên, Trần Vũ, *Khoáng vật học*, Thượng Hải khoa học kỹ thuật xuất bản xã, 1965.
5. Alain Eid and Michel Virad, *Les mineraux et lesfossiles en 1000 photos*, Solar, Paris, 1998.
6. Aubert G et Guillemin C., *Précis de Minéralogie*. BRGM. Masson. Paris, 1978.
7. Berry L. G., Mason B. Mineralogy, *Freeman and Company*, California, 1959.
8. Introduction to Japanese minerals, *Geological survey of Japan*, Nagasaki, 1970.
9. *Le grand Atlas des Pierres et mineraux.Editons Atlas*, Paris, 1998.
10. Milovski A. V. and Kononov O. V., *Mineralogy*, Mir Publishers, Moscow, 1982.
11. Strunz. Mineralogysche Tabellen, *Academische verlags gesellschaft*, Leipzig, 1957.
12. Belov N. V., *Structura ionnix kristallov i metalitrexkic phaz*. A. N. SSSR, 1974 (tiếng Nga).
13. Betextin A. G. Kurx mineralogii. Gexgeoltekhizdat, 1961 (tiếng Nga).
14. Godovikov A. A. Mineralogia. Moskva "Nedra", 1975 (tiếng Nga).
15. Grigoriev D. P. Ontogenia mineralov, *Izdatelxtvo Lvovxk Universiteta*, 1961 (tiếng Nga).
16. Koxtov I. Mineralogia, *Izdatelxtvo* "MIR". Moskva, 1971 (tiếng Nga).
17. Lazarenko E. K. Kurx mineralogia, *Goxudarxtvenoe izdatelxtvo "Vixsaia Skola"*, Moskva, 1963 (tiếng Nga).
18. Lazarenko E. K. Osnovi mineralogia, *Goxudarxtvenoe izdatelxtvo Universiteta*, 1963 (tiếng Nga).
19. Popov G. M. Safranovxki I. I. Kristallographia, *Izdatelxtvo "Vixsaia Skola"*. Moskva, 1972 (tiếng Nga).

KHOÁNG VẬT HỌC

(Tái bản lần thứ ba, có sửa chữa và bổ sung)

La Thị Chích – Hoàng Trọng Mai

NHÀ XUẤT BẢN
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH

Khu phố 6, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP HCM
Số 3 Công trường Quốc tế, quận 3, TP HCM
ĐT: 38239172, 38239170
Fax: 38239172
Email: vnuhp@vnuhcm.edu.vn

* * *

Chịu trách nhiệm xuất bản
TS HUỲNH BÁ LÂN

Tổ chức bản thảo và chịu trách nhiệm về tác quyền
TRƯỜNG ĐH BÁCH KHOA – ĐHQG-HCM

Biên tập
PHẠM ANH TÚ

Sửa bản in
PHẠM THỊ BÌNH

Trình bày bìa
TRƯƠNG NGỌC TUẤN

Số lượng 500 cuốn, khổ 19 x 27 cm
Số đăng ký KHXB: 84-2011/CXB/187-04/ĐHQG-TPHCM
Quyết định xuất bản số: 655/QĐ-ĐHQG-TPHCM
ngày 20/12/2011 của Nhà xuất bản ĐHQG TPHCM
In tại Xưởng in Đại học Bách khoa - ĐHQG TP.HCM
Nộp lưu chiểu tháng 02 năm 2012.